

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

На правах рукопису
УДК 51-77

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри ММСА

О.Л.Тимощук

« ____ » _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему: Алгоритм для аналізу та оцінювання ф'ючерсних ринків

Виконав: студент 2 курсу, групи КА-381мп
Фесюра Олексій Анатолійович

(підпис)

Керівник: В. о. завідувача кафедри ММСА,
к.т.н., доц., Тимощук О.Л.

(підпис)

Рецензент: ректор МУФ, к.е.н., професор Смоляр.Л.Г.

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти — другий (магістерський)
Спеціальність — 124 «Системний аналіз»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В. о. завідувача кафедри ММСА

О.Л.Тимощук
«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студента Фесюри Олексія Анатолійовича

1. Тема дисертації: «Алгоритм для аналізу та оцінювання ф'ючерсних ринків», науковий керівник дисертації Тимощук Оксана Леонідівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «05» листопада № 3825-с

2. Термін подання студентом дисертації: 13 грудня 2019 р.

3. Об'єкт дослідження: Алгоритм для аналізу та оцінювання ф'ючерсних ринків

4. Предмет дослідження : похідні інструменти фінансових ринків та їх взаємозв'язок, динаміка та еволюція фінансового ринку.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1) дослідити сучасний стан та особливості світового фінансового ринку та ринку ф'ючерсів;

2) розробити алгоритм для проведення кластеризації;

3) розробити алгоритм для створення інвестиційного портфелю за допомогою теорії Марковіца;

4) розробити стартап - проект виведення на ринок результатів дослідження;

5) розробити концептуальні висновки за результатами наукового дослідження

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1). Знімки екрану для створеного програмного забезпечення (рис.);

- 2). Таблиці з кореляційними матрицями, що містять значення кореляцій між фінансовими часовими рядами;
- 3). Таблиці у розділі стартап-проекту

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації
1.	Концептуальний вступ дисертації. Формулювання об'єкта, предмета, цілі, завдань, новизни, практичної значущості результатів	05.09.2019—20.09.2019
2.	Перший розділ. Глобальний фінансовий ринок як об'єкт аналізу. Методи і алгоритми аналізу елементів фінансового ринку	21.09.2019—30.09.2019
3.	Другий розділ. Методи кластеризації та виокремлення головних компонент як інструмент аналізу глобального фондового ринку	30.09.2019—16.10.2019
4.	Третій розділ. Побудова алгоритму виокремлення головних компонент та практичне застосування побудованого алгоритму	17.10.2019—25.10.2019
5.	Четвертий розділ. Стартап-проект	03.11.2019—06.11.2019
6.	Концептуальні висновки. Перспективи розвитку отриманих рішень	07.11.2019—10.11.2019

Студент

О.А.Фесюра

Науковий керівник дисертації

О.Л.Тимошук

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 100 с., 18 рис., 12 табл., 2 додатки, 19 джерел.

Предметною областю дослідження є фінансово-економічні процеси.

Об'єктом дослідження є глобальний фінансовий ринок.

Предметом дослідження є похідні інструменти фінансових ринків та їх взаємозв'язок, динаміка та еволюція фінансового ринку.

Методами дослідження є метод головних компонент, кластерний, факторний та кореляційний аналіз. Мета дослідження: зменшення розмірності для задач аналізу фінансових часових рядів, створення алгоритму для оцінки диверсифікації ризиків при портфельному інвестуванні.

Теоретичною та методологічною основою дослідження є праці вітчизняних і зарубіжних вчених в галузі економічної теорії, математичного моделювання, прогнозних моделей, кореляційного та кластерного аналізу.

В ході дипломної роботи створено програмний продукт для виділення головних компонент з деякого набору фондових індексів.

Методологія реалізована на основі уже відомих алгоритмів та з використанням власних розробок.

Програмний продукт реалізовано за допомогою мови програмування VBA.

ФОНДОВІ ІНДЕКСИ, ФІНАНСОВИЙ РИНОК, АКТИВ, ФОНДОВИЙ РИНОК, ЗАЛЕЖНІСТЬ, КОРЕЛЯЦІЯ, КЛАСТЕР, Ф'ЮЧЕРС, ДЕРИВАТИ, ПОРТФЕЛЬНЕ ІНВЕСТУВАННЯ

ABSTRACT

Master's dissertation: 100 p., 12 fig., 18 tabl., 2 appendixes, 19 sources.

The topic of the research: "Futures market analysis and evaluating algorithm".

The subject of the reserch is local indexes of stock markets and their relationship dynamics and evolution of the market background.

Research method is the method of principal components, cluster and correlation analysis.

Objective: to reduce the dimension of problems for the analysis of financial time series.

Aim - to reduce the dimension of the problem to monitor the global stock markets, creation of an algorithm for estimation of risk diversification in portfolio investment.

Theoretical and methodological basis of the study is the work of domestic and foreign scientists in the field of economic theory, mathematical modeling, predictive models, correlation and cluster analysis.

During the thesis created software to isolate the main components of a set of stock indices.

The methodology is implemented on the basis of already known algorithms and using own development.

The software is implemented using the programming language VBA. The recommendations for further research are given.

STOCK INDICES, FINANCIAL MARKET, ASSET, STOCK MARKET, DEPENDENCE, CORRELATION, CLUSTER, FUTURES, DERIVATIVES, PORTFOLIO INVESTMENT

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 ГЛОБАЛЬНИЙ ФІНАНСОВИЙ РИНОК ЯК ОБ’ЄКТ АНАЛІЗУ. МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ АНАЛІЗУ ЕЛЕМЕНТІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ	11
1.1 Проблематика, постановка задачі	15
1.2 Особливості дослідження фондових індексів як елементів глобального фондового ринку. Класифікація ф’ючерсів.	16
1.3 Огляд сучасних методів аналізу фінансових часових рядів	20
1.4 Загальний огляд методів прогнозування, які використовують для інвестиційної діяльності	22
1.5 Проблематика дослідження фінансових часових рядів	20
1.6 Стохастичні моделі фінансових часових рядів	23
1.7 Висновки до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА ВИОКРЕМЛЕННЯ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ЯК ІНСТРУМЕНТ АНАЛІЗУ ГЛОБАЛЬНОГО ФОНДОВОГО РИНКУ	27
2.1 Вибір методу для вирішення поставленої задачі	27
2.2 Методи розрахунку фондових індексів	30
2.3 Застосування кореляційного аналізу для виокремлення головних компонент	32
2.4 Кластерний аналіз та його застосування до предметної області	36
2.5 Підготовка даних для вирішення поставленої задачі	37
2.6 Висновки за розділом 2	37
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ ВИОКРЕМЛЕННЯ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПОБУДОВАНОГО АЛГОРИТМУ	39

3.1 Побудова формалізованого алгоритму	39
3.2 Побудова формалізованого алгоритму для створення інвестиційного портфелю та короткострокового прогнозування	
3.3 Опис програмного продукту	43
3.4 Детальний опис застосування запропонованого алгоритму із застосуванням програмного продукту для одного із часових проміжків	50
3.5 Оцінка результатів роботи алгоритму	52
3.6 Динаміка зміни залежностей між фінансовими інструментами. Спостереження макроекономічних тенденцій.	57
3.7 Висновки за розділом 3	68
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ З ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВИОКРЕМЛЕННЯ КЛАСТЕРІВ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ДЕЯКОГО НАБОРУ ТА СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДОВАНОГО ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЮ	70
4.1 Опис ідеї стартап - проекту	73
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	77
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап – проекту	80
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту	84
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап – проекту	86
4.6.Висновки до розділу 4	87
ВИСНОВКИ	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	91
ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ	93
ДОДАТОК Б ВИТЯГ ЗІ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ЗА 2018 РІК	95

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ВВП – валовий внутрішній продукт

EBITDA - Earnings Before Interests Tax, Deprecation and Amortization

ARFIMA - Auto Regressive Fraction Integrated Moving Average

REIT - Real Estate Investment Trust

ETF – Exchange Traded Fund

SSE – один із фондових індексів Китаю

Dow Jones – один із фондових індексів Сполучених Штатів Америки

TX40 – один із фондових індексів Канади

IBEX – один із фондових індексів Іспанії

ASX200 – один із фондових індексів Австралії

NIFTY50 – один із фондових індексів Індії

Nikkei225 – один із фондових індексів Японії

RTS – один із фондових індексів Російської Федерації

BVSP – один із фондових індексів Бразилії

IPC – один із фондових індексів Мексики

DAX – один із фондових індексів Німеччини

FTSE – один із фондових індексів Великобританії

FTSE MIB – один із фондових індексів Італії

SMI – один із фондових індексів Швейцарії

CAC40 – один із фондових індексів Франції

EURO50 – один із фондових індексів Європейського Союзу

ВСТУП

Сучасний фінансовий ринок представлений багатьма різноманітними інструментами, що використовуються як окремо один від одного так і в будь – яких комбінаціях в залежності від мети використання.

Фондовий, сировинний, валютний ринок сьогодні є невід’ємною складовою сучасної світової економіки та зручним інструментом, що дозволяє керувати інвестиціями. Сучасні умови ведення будь – якої інвестиційної, або ж біржевої діяльності є такими, що вирішальну роль в ефективності інвестицій або функціонуванні тієї чи іншої діяльності грає якість проведеної аналітики.

Популярними фінансовими інструментами, які наразі використовують трейдери є інструменти фондового ринку – акції, облігації, деривативи та валютні активи.

Ф’ючерси є цікавими для дослідження через те, що завдяки тому, що вони є похідним фінансовим інструментом, ф’ючерси дозволяють проводити аналіз даних щодо фінансових ринків різної природи, проводити порівняльний аналіз або вірно обирати фінансові інструменти серед широкого спектру інструментів різної економічної природи для інвестування або ж біржевої діяльності, знаходити закономірності між сировинними та фондвими ринками.

Спостереження за світовим фінансовим ринком ускладнюється через необхідність аналізу великого об’єму даних при детальному аналізі всього світового ринку. Методи здійснення аналізу процесів на фінансовому ринку(методи фундаментального та технічного аналізу) передбачають залучення оцінок експертів, використання чисельних методів та алгоритмів. В силу перелічених особливостей задача аналізу фінансового ринку значно ускладнюється через велику розмірність даних, що підлягають обробці.

В такому разі актуальною є задача зменшення розмірності даних. Зменшення розмірності даних спрощує спостереження за ринком, зменшує об'єм даних, необхідних для збереження, покращує можливості для візуалізації даних, спрощує прогнозування динаміки фондового ринку, або його сегменту, що є важливою та невід'ємною частиною дослідження фондового ринку. Зменшення розмірності також допомагає інтерпретувати дані, досліджувати макроекономічні процеси за даними фондових бірж.

Виокремивши серед деякого необхідного для аналізу набору фондових індексів деякий менший набір фінансових інструментів можна значно покращити якість подальшої аналітики: зосередившись на аналізі та прогнозуванні динаміки головних компонент можна використовуючи аналогічні ресурси зробити більш точний та детальний аналіз меншого набору індексів, а решту індексів вважати такими, що з заданою ймовірністю мають таку ж поведінку як і головна компонента. Кластеризація також може бути корисна для диверсифікації ризиків при роботі з фінансовими інструментами.

Цікавим застосуванням такого дослідження може стати створення алгоритму не лише для кластеризації, але й для більш детального дослідження фінансових часових рядів з метою вибору інструментів для інвестиційного або біржевого портфелю. А застосувавши деяку частину теорії Доу, такий алгоритм можна застосовувати і як поради́ник при біржевій торгівлі.

РОЗДІЛ 1 ГЛОБАЛЬНИЙ ФІНАНСОВИЙ РИНОК ЯК ОБ'ЄКТ АНАЛІЗУ. МЕТОДИ І АЛГОРИТМИ АНАЛІЗУ ЕЛЕМЕНТІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ

1.1 Проблематика, постановка задачі

Фінансові ринки – будь які ринки, де відбувається торгівля цінними паперами, включаючи фондовий ринок, ринок облігацій, валютний ринок та ринок деривативів. Фінансові ринки відіграють важливу роль у сприянні безперебійної діяльності капіталістичних економік шляхом розподілу ресурсів та створення ліквідності для бізнесу та підприємців. Ринки полегшують покупцям і продавцям торгівлю фінансовими фондами. Фінансові ринки створюють продукти цінних паперів, які забезпечують прибуток для тих, хто має вільні кошти (інвестори або кредитори) і роблять ці кошти доступними для тих, хто потребує додаткових грошей (позичальників).

Фондовий ринок лише частина фінансового ринку. На фінансових ринках здійснюються купівля та продаж численних видів фінансових інструментів, включаючи акції, облігації, валюти та похідні інструменти(такі як наприклад, ф'ючерси). При цьому, ринкові ціни на цінні папери можуть не вказувати на їх внутрішню цінність через макроекономічні чинники.

Деякі фінансові ринки невеликі за об'ємом торгів, а інші, як, наприклад, Нью-Йоркська фондова біржа (NYSE), щодня торгують трильйонами доларів цінних паперів. Ринок акцій (акцій) - це фінансовий ринок, який дає можливість інвесторам купувати та продавати акції компаній, що публічно торгуються на деякій біржі. Первинний фондовий ринок - це продаж нових випусків акцій, які називаються первинними публічними пропозиціями (IPO). Будь-яка подальша торгівля акціями

відбувається на вторинному ринку, де інвестори купують та продають цінні папери, якими вони вже володіють.

Розглянемо види фінансових ринків

1. Біржові ринки.
2. Позабіржовий ринок - це децентралізований ринок на якому учасники ринку торгують цінними паперами безпосередньо між двома сторонами без брокера. Позабіржовий ринок обробляє обмін акцій, що торгуються публічно, які не котируються на NYSE, Nasdaq або Американській фондовій біржі. Загалом, компанії, які торгуються на позабіржових ринках, як правило, менші, ніж ті, що торгуються на первинних ринках, оскільки позабіржові ринки вимагають меншої кількості регулювання та менше витрачаються на використання.
3. Ринки облігацій.

Облігація - цінний папір, за допомогою якого інвестор позичає гроші на визначений період за попередньо встановленою процентною ставкою. Облігації випускаються корпораціями, а також муніципалітетами, штатами та суверенними урядами. На ринку облігацій, наприклад, продаються цінні папери, такі як банкноти та векселі, випущені Міністерством фінансів США. Ринок облігацій належить до ринків з фіксованим доходом.

Похідний інструмент, або дериватив - це договір між двома або більше сторонами, вартість яких базується на узгодженому базовому фінансовому активі (як цінні папери) або наборі активів (як індекс). Деривативи - це вторинні цінні папери, вартість яких виходить виключно із вартості первинного цінного папера, з яким вони пов'язані. Замість того, щоб безпосередньо торгувати акціями, ринок деривативів торгує ф'ючерсними контрактами та контрактами на опціони та іншими передовими фінансовими продуктами, які отримують свою вартість від базових інструментів, таких як облігації, товари, валюти, процентні ставки, ринкові індекси та акції.

Валютний ринок - це ринок, на якому учасники можуть купувати, продавати, обмінюватися та спекулювати валютами. Таким чином, ринок ф'ючерс(валютний) є найбільш ліквідним ринком у світі, оскільки грошові кошти є найбільш ліквідними активами. Валютний ринок обробляє понад 5 трлн дол. США щоденних операцій, що більше, ніж спільний ринок ф'ючерсів та акцій разом. Як і на позабіржових ринках, ринок ф'ючерс також є децентралізованим і складається з глобальної мережі комп'ютерів та брокерів з усього світу. Ф'ючерс складається з банків, комерційних компаній, центральних банків, фірм з управління інвестиціями, хедж-фондів, роздрібних ф'ючерс-брокерів та інвесторів.

Фондовий ринок – сукупність економічних відносин щодо випуску та обороту цінних паперів, таких як акції, облігації, ф'ючерси, опціони тощо.

Фондовий ринок є невід'ємною частиною сучасної світової економічної системи. Аналітика фондових ринків актуальна для різноманітних елементів інфраструктури ринку цінних паперів, таких як фондові біржі, інвестиційні банки, брокерські компанії, аналітичні видання, тощо; для суб'єктів фондового ринку, таких як емітенти цінних паперів, посередники, інвестори тощо. Метою дослідження фондового ринку є створення більш ефективних стратегій для інвестиційної діяльності та розробка ефективних методів функціонування фондового ринку шляхом дослідження його природи, зв'язків в макроекономічних процесах, прогнозування динаміки змін на ринку цінних паперів або його сектора чи сегменту. На сучасному етапі розвитку фондового ринку, дохідність інвестицій залежить передусім від повноти та якості аналітичної роботи [2].

Для більш зручного спостереження за станом фондового ринку було введено поняття фондового індексу. Фондовий (або біржевий) індекс – це індикатор стану ринку цінних паперів, розрахований певним чином на основі кошику найбільш ліквідних звичайних акцій та облігацій.

Як правило, абсолютні значення фондових індексів не цікаві (адже значення фондових індексів можуть змінюватись в суттєво різних діапазонах в залежності від принципу формування індексу), більше значення для спостережень за ринком мають зміни значення індексу, динаміка протягом певного проміжку часу, оскільки вони дозволяють судити про загальний напрямок руху ринку, або його сектору чи сегменту, навіть коли ціни на акції всередині кошика змінюються різнонаправлено. Отже, динаміка фондового індексу дозволяє оцінити в цілому поточний стан конкретного ринку цінних паперів.

Дані щодо значень фондових індексів на певному проміжку часу можна розглядати як часовий ряд – набір послідовних результатів спостереження, в даному випадку, спостережень за значеннями фондових індексів [2].

Одним із важливих інструментів фондового ринку є ф'ючерси. Ф'ючерс – це похідний договір на біржі щодо купівлі – продажу базового активу (товару, цінного паперу, акції тощо), при заключенні якого сторони домовляються лише про рівень ціни та строк поставки. Одним із видів ф'ючерсів є ф'ючерс на фондовий індекс.

Ф'ючерсний контракт — документ, який засвідчує зобов'язання придбати (продати) базовий актив у визначений час та на визначених умовах у майбутньому, з фіксацією цін на момент виконання зобов'язань сторонами контракту. Базовим активом можуть бути, зокрема, цінні папери, товари (у тому числі ще не виготовлені) або кошти. При цьому будь-яка сторона ф'ючерсного контракту має право відмовитися від його виконання винятково за наявності згоди іншої сторони контракту або у випадках, визначених цивільним законодавством.

Покупець ф'ючерсного контракту має право продати такий контракт протягом строку його дії іншим особам без погодження умов такого продажу з продавцем контракту.

Ф'ючерсні контракти можуть бути укладені не лише на деякий сировинний актив або дорогоцінні метали, але й на фондові індекси, акції компаній, об'єм дивідентів, тощо. Таким чином, за зібраними з відкритих джерел даними про ціни ф'ючерсних контрактів можна консолідувати дані про фінансові інструменти різної економічної природи та порівняти їх, або з'ясувати можливі залежності між ними. Абсолютні значення цін ф'ючерсних контрактів в такому контексті також не цікаві для кореляційного та кластерного аналізу.

Інвестиційний портфель – це деякий набір інвестицій розподілений поміж різними фінансовими інструментами. Для створення диверсифікованого портфеля можуть бути використані такі типи активів, як акції, облігації та грошові кошти, деривативи, іноді також включають, нерухомість, золото та інші дорогоцінні метали.

Толерантність до ризику інвестора має суттєвий вплив на те, як виглядає портфель. Наприклад, консервативний інвестор може надавати перевагу портфелю, що складається з високоліквідних, неволатильних, порівняно низькодохідних активів. Агресивний інвестор, натомість, може надати перевагу акціям компаній, що розвиваються, більш високоризиковим активам. Окрім толерантності до ризику, важливими також є інвестиційний горизонт та вкладена сума. Портфельне інвестування – це зазвичай стратегічний інвестиційний процес, але для вибору інструментів для активної торгівлі, інвестування на короткі часові періоди також можуть застосовуватись ті ж самі підходи.

Керівники фондів та інвестори часто диверсифікують свої інвестиції за класами активів і визначають, які відсотки портфеля слід виділити кожному активу, наприклад:

- Акції - акції або власний капітал у публічно проданій компанії.
- Облігації - державні та корпоративні інструменти боргу з фіксованим доходом.

- Нерухомість - земля, будівлі, природні ресурси, сільське господарство, тваринництво та родовища води та корисних копалин.
- Фондові торги (ETF) - товарний кошик цінних паперів, що слідує за індексом, товаром або сектором.
- Товари - основні товари, необхідні для виробництва інших товарів чи послуг.
- Грошові кошти та короткострокові еквіваленти грошових коштів (CCE) - державні векселі, депозитний сертифікат (CD), засоби грошового ринку та інші короткострокові інвестиції з низьким ризиком.

Інвестори використовують декілька методик, щоб захистити свої портфелі від ризику. Важливим способом захисту свого портфеля є диверсифікація - інвестор вирішує включати різні види цінних паперів та інвестиції різних емітентів та галузей.

Диверсифікація - це відмінна стратегія для тих, хто прагне знизити ризик своїх інвестицій на довгострокову перспективу. Процес диверсифікації включає інвестування у більш ніж один вид активів. Зазвичай у портфель включаються облігації, акції, товари, REIT, гібриди тощо.

Незалежно від того, наскільки диверсифіковані ваші види активів, вони можуть бути вразливими до того ж ризику, і, отже, ваш портфель реагуватиме відповідно. Тому для інвесторів важливо уникати вибору інвестицій, що значно корелюються. Важливо зауважити, що в практиці управління портфелем існує розмежування між так званою «наївною» диверсифікацією та ефективною диверсифікацією (також її називають оптимальною диверсифікацією).

«Наївна» диверсифікація - це тип стратегії диверсифікації, коли інвестор просто обирає різні цінні папери навмання, сподіваючись, що це знизить ризик портфеля через різноманітний характер обраних цінних

паперів. Такий прийом виглядає примітивно, однак, при ретельному вивченні кожного активу фахівцем з досвідом, «наївна» диверсифікація, тим не менш, може бути ефективною стратегією зниження ризику портфеля.

Оптимальна диверсифікація (також відома як диверсифікація Марковіца), вимагає іншого підходу до створення диверсифікованого портфеля. Тут основна увага приділяється пошуку некорельованих активів, що допомагає мінімізувати ризик зменшення кількості цінних паперів, що, в свою чергу, також може сприяти мінімізувати ризики.

Виходячи із зазначених відомостей про фінансові ринки, виділимо наступні проблеми при проведенні аналізу для подальшого розгляду:

1. Спостереження за світовим фондовим ринком ускладнюється через необхідність аналізу великого об'єму даних при детальному аналізі всього світового фондового ринку за біржевими індексами.
2. Для трейдингу або довгострокового інвестування в деякі фінансові інструменти визначальну роль відіграє правильне визначення набору інструментів для диверсифікації ризиків відповідно до очікуваного рівня ризику.
3. Для учасника фінансового ринку вчасно отримана інформація щодо зміни глобального тренду фінансового часового ряду, що відповідає вартості деякого інструменту, корисна для більш ефективного управління активами.

Для учасника фінансового ринку, часто не має значення природа активу, з яким він працює. Для порівняння активів різної природи, наприклад, сировинних активів, фондових індексів, валютних активів, цінних металів одночасно зручно скористатись похідними фінансовими інструментами, а саме ф'ючерсами(вид деривативів). Аналізуючи часові ряди, що відображають значення цін ф'ючерсів також можна зробити висновки щодо деяких макроекономічних тенденцій, зробити висновок

щодо ефективності диверсифікації при виборі фінансових інструментів спираючись на природу активу.

Наприклад, розглядаючи фондовий ринок, для дослідження всього світового фондового ринку необхідно розглянути щонайменше фондові індекси 20 провідних економік світу, а для більш детального фундаментального аналізу фондового ринку доцільно розглянути і більше фондових ринків. Більшість держав мають понад один впливовий фондовий індекс, наприклад, в США впливовими є фондові індекси Dow Jones, S&P, NASDAQ, NYSE. Методи здійснення аналізу процесів на фондовому ринку(методи фундаментального та технічного аналізу) передбачають залучення оцінок експертів, використання чисельних методів та алгоритмів. В силу перелічених особливостей задача аналізу фондового ринку значно ускладнюється через велику розмірність даних, що підлягають обробці.

В такому разі актуальною є задача зменшення розмірності даних. Зменшення розмірності даних спрощує спостереження за фондовим ринком, зменшує об'єм даних, необхідних для збереження, покращує можливості для візуалізації даних, спрощує прогнозування динаміки фондового ринку, або його сегменту, що є важливою та невід'ємною частиною дослідження фондового ринку. Зменшення розмірності також допомагає інтерпретувати дані, досліджувати макроекономічні процеси за даними фондових бірж.

Так, наприклад, виокремивши серед деякого необхідного для аналізу набору фінансових інструментів деякий менший набір фінансових інструментів можна значно покращити якість подальшої аналітики: зосередившись на аналізі та прогнозуванні динаміки факторів-головних компонент можна використовуючи аналогічні ресурси зробити більш точний та детальний аналіз меншого набору індексів, а решту індексів вважати такими, що з заданою ймовірністю мають таку ж поведінку як і головна компонента.

Запропонуємо для прикладу розглянути національні за географічним поділом фондові індекси, тобто такі, що включають в кошику лише цінні папери компаній певної країни. Тут слід зазначити, що до кошиків національних індексів також входять цінні папери компаній, що ведуть операційну діяльність в інших державах. Також розглянемо основні сировинні ринки та ринки цінних металів.

Оберемо національні фондові індекси, кожен із яких представляє одну із провідних економік світу. Вибірка з національних фондових індексів, що є провідними у відповідній країні відкриє можливість прослідкувати взаємозв'язки між економіками країн. Синхронізованість даних є важливою для отримання об'єктивного результату, адже на різних фондових біржах котирування дещо відрізняються. Оберемо ті значення про ціни на ф'ючерси, дані про значення яких в достатньому обсязі містяться в відкритих електронних джерелах відомого американського інтернет ресурсу Investing.com[12]. Візьмемо дані за найбільш актуальний, але достатньо значний часовий інтервал, з тих даних, що наявні в цьому джерелі. Маємо такий перелік фінансових інструментів:

1. Алюміній.
2. Палладій.
3. Платина.
4. Срібло.
5. Золото.
6. Газ.
7. Нафта WTI.
8. Нафта Brent.
9. Nikkei 225(Японія).
- 10.EURO STOXX 600 Oil & Gas.
- 11.EURO STOXX Banks.
- 12.Dow 30(Сполучені Штати Америки).
- 13.Nasdaq 100 (Сполучені Штати Америки).

- 14.CAC 40(Франція).
- 15.FTSE 100(Великобританія).
- 16.SMI(Швейцарія).
- 17.ATX(Австрія).
- 18.RTS(Російська Федерація).
- 19.Hang Seng(Гонконг).
- 20.DAX(Німеччина).

Отже, розглянувши дані про ціни на ф'ючерси поставимо задачу мінімізації розмірності даних, розуміючи під цим:

1. Виділення найбільш впливових інструментів як головних компонент для спостереження за світовим фондовим ринком, зведення процес спостереження за другорядними лише у вигляді вираження їх через основні(головні) компоненти. Втрати інформації при цьому зумовлюються деяким наперед заданим критичним рівнем.
2. Виділення кластерів залежних з деякою ймовірністю елементів, виділення позакластерних елементів як таких, що не можна віднести до жодного кластеру із попередньо заданою ймовірністю.
3. Додатково проаналізуємо які саме макроекономічні процеси можна спостерігати на основі отриманих в результаті роботи даних.

Побудуємо роботу таким чином:

1. Оберемо інструменти фондового ринку різної економічної природи(фондові індекси, ціни на сировину та дорогоцінні метали) для дослідження.
2. Визначимо період для дослідження.
3. Проведемо збір та синхронізацію даних у вигляді часових рядів, в яких містяться значення цін на ф'ючерси на відповідного активу.

4. Побудуємо кореляційну матрицю для всього обраного періоду, та для його частин.
5. Класифікуємо коефіцієнти кореляції в кожній матриці за Чеддокою.
6. Виділимо кластерів залежних з деякою ймовірністю елементів, виділення позакластерних елементів як таких, що не можна віднести до жодного кластеру із попередньо заданою ймовірністю.
7. Проаналізуємо які саме макроекономічні процеси можна спостерігати на основі отриманих в результаті роботи даних, зробимо висновок про наявність або відсутність залежності фондових ринків деяких країн від сировинних ринків.
8. Розглянемо теорії Чарльза Доу та теорію Ральфа Елліота, та застосуємо деякі тези з них, а також показник Херста, для того, щоб запропонувати алгоритм, за яким можна зробити деякі рекомендації з використання ф'ючерсів для учасника фондового ринку.
9. Створимо алгоритм для застосування отриманих результатів кластеризації для створення інвестиційного портфелю.
10. Перевіримо ефективність запропонованого алгоритму на тестовій вибірці.
11. Підсумуємо результати, формалізуємо алгоритм аналізу та створимо для цього програмний продукт, що реалізовує алгоритм.

Предметом дослідження є світовий фондовий та сировинний ринок, національні фондові індекси, ф'ючерси, значення яких за період з січня 2017 по вересень 2019 описані відповідними часовими рядами. Запропонуємо розглянути лише дані щодо значень фондових індексів на момент закриття торгів на фондовій біржі, вважаючи що при розгляді значного інтервалу часу флуктуації індексів протягом дня незначно впливають на загальну динаміку фондового індексу та їх залежності.

Об'єктом дослідження є процес зменшення розмірності даних, а саме зменшення розмірності параметрів, що описують стан світового фондового ринку, процес кластеризації.

Методами дослідження є метод головних компонент, кластерний та кореляційний аналіз.

Головною компонентою назвемо деякий елемент(в нашому випадку – деякий фондовий індекс), що є значимим для подальшого спостереження після зменшення розмірності задачі.

Другорядним елементом, назвемо той, що не є значимим для подальшого спостереження після зменшення розмірності, той елемент який можна за допомогою деякої залежності виразити з відповідної йому головної компоненти.

Кластером будемо називати деякий набір із елементів(в даному випадку - фондових індексів), що складається не більш як з одної головної компоненти та другорядних елементів.

Позакластерним елементом назвемо елемент, який згідно алгоритму кластеризації не можна віднести до жодного з кластерів.

1.2 Особливості дослідження фондових індексів як елементів глобального фондового ринку. Класифікація ф'ючерсів.

Стан фондового ринку відіграє важливу роль для стабільного розвитку економіки. У зв'язку з цим, висувуються підвищені вимоги до якості інструментарію, що застосовується для аналізу, моделювання та прогнозування динаміки ринку. Проблема побудови адекватного інструментарію є достатньо складною і на даний момент цю проблему не можна назвати такою, що вирішено. Всебічний аналіз і побудова на основі математичних моделей дозволяє краще зрозуміти структуру і поведінку

фондового ринку. Задачі з побудови точних та адекватних алгоритмів для цього залишаються досить актуальними.

В роботі [3] сформульовані такі властивості одного з фондових індексів отримані шляхом кореляційного, спектрального, фрактального аналізу:

- часовий ряд значень індексу має ефект довготривалої пам'яті, тобто між значеннями ряду присутня довгий додатній автокореляційний зв'язок (розглядались значення індексу на момент закриття торгів);
- фондовий індекс є складною динамічною системою.

Так як фондові індекси мають схожу природу формування, можна припустити, що такі ж властивості мають і будь який інший фондовий індекс.

Дані щодо значень деякого фондового індексу можна розглядати як фінансовий часовий ряд.

Класифікація ф'ючерсів

Ф'ючерси можна класифікувати за різними характеристиками.

1. За активом, що є предметом договору.

На сировину, на дорогоцінні метали, на акції, на відсоткову ставку, на валюту, на продовольчі товари.

2. За типом – поставочні та розрахункові.

Поставочний ф'ючерс передбачає, що на дату виконання контракту покупець повинен придбати, а продавець продати встановлену кількість базового активу. Поставка відбувається за розрахунковою ціною, зафіксованою на останню дат торгів. В випадку завершення даного контракту, але відсутності товару у покупця, біржа накладає штраф.

Розрахунковий ф'ючерс передбачає, що між учасниками проводяться лише грошові розрахунки в сумі різниці між ціною контракту і фактичною ціною актива без фізичної поставки базового активу. Зазвичай

використовується для хеджування ризиків зміни ціни базового активу або зі спекулятивною метою.

Специфікацією ф'ючерсу називають документ, затверджений біржею, в якому закріплені основні умови ф'ючерсного контракту.

Ф'ючерсний контракт на біржі стандартизований за всіма параметрами, крім одного — ціни товару, що поставляється, яка визначається в процесі біржових торгів. Стандартизація ф'ючерсного контракту включає уніфікацію наступних основних показників: споживча вартість товару, його кількість і ринкові умови обігу, вид товару, розміри партії товару, умови і терміни постачання, форма оплати, санкції за порушення умов контракту, порядок арбітражу та ін.

У зв'язку з цим ф'ючерсні контракти високоліквідні, для них існує широкий вторинний ринок, оскільки за своїми умовами вони однакові для всіх інвесторів.

При здійсненні угоди на біржі продавець контракту бере на себе зобов'язання продати, а покупець — купити визначену кількість біржового товару у визначений термін у майбутньому за ціною, обумовленою в момент угоди. При цьому говориться, що вони відкривають позиції. Важливою особливістю ф'ючерсної торгівлі, що впливає з її стандартизації, є знеособленість контракту.

Сторонами у ф'ючерсному контракті виступають не продавець і покупець, а продавець і Розрахункова палата чи покупець і Розрахункова палата біржі. Це дозволяє продавцю і покупцю діяти незалежно один від одного, тобто ліквідувати свої зобов'язання за раніше оформленим контрактом шляхом закриття позиції.

Ф'ючерсний контракт повинен мати такі реквізити:

- назва контракту;
- вид контракту (з поставкою або без поставки базового активу);
- сторони контракту;

- базовий актив контракту та його характеристики (емітент, вид та кількість цінних паперів, його номінальна вартість, термін обігу, інші відомості для цінних паперів; вид та кількість валюти - для коштів; кількість, асортимент — для інших товарів);
- обсяг контракту;
- розмір початкової маржі;
- механізм визначення ціни на момент виконання;
- ціна виконання;
- одиниця вимірювання ціни;
- термін виконання;
- відповідальність сторін у разі невиконання чи неналежного виконання зобов'язань, встановлених цим контрактом;
- порядок розгляду спорів, що виникають під час укладення та виконання контракту;
- адреси, підписи, печатки, реквізити банківських рахунків (для юридичних осіб) та паспортні дані (для фізичних осіб) сторін контракту.

Для поставленої мети достатньо розглядати поставочні ф'ючерси.

При роботі на ринку фінансових інструментів ф'ючерси можуть бути використані з різною метою.

1. Хеджування ризиків.
2. Арбітраж. Купівля ф'ючерсу з метою перепродажу до терміну поставки.

Ф'ючерсна ціна – це поточна ринкова ціна ф'ючерсного контракту з вказаним строком закінчення дії. Розрахункова(справедлива) вартість ф'ючерсного контракту може бути визначена як така його ціна, за якої інвестору однаково вигідна купівля активу на спотовому ринку(для

негайного постачання) і подальше його зберігання до моменту використання(продажу, споживання, отримання доходу завдяки активу), так і купівля ф'ючерсу з відповідним строком постачання.

Розрахунок безарбітражної ф'ючерсної ціни:

$$F(t,T) = \frac{S(t)}{(1+r)^{(T-t)}} \quad (1.1)$$

Або, для випадку складних відсотків:

$$F(t,T) = S(t) * e^{r(T-t)} \quad (1.2)$$

де:

$F(t,T)$ — ф'ючерсна ціна;

$S(t)$ — поточна спот ціна базового активу;

r — ставка дисконтування (без врахування ставок за зберігання, дивідентної та інших);

T — дата завершення контракту;

t — поточна дата.

Різниця між поточною ціною базового активу та відповідної ф'ючерсної ціною називається базисом ф'ючерсного контракту. Ф'ючерсний контракт може бути в двох станах щодо спотової ціни базового активу. Коли ціна ф'ючерсу вище ціни базового активу, такий стан називається контанго. В цьому випадку базис позитивний, учасники ринку не очікують падіння цін базового активу. Зазвичай ф'ючерсні контракти більшу частину свого часу торгуються в стані контанго.

Коли ф'ючерс торгується нижче ціни базового активу, такий стан називають беквордація. У цьому стані базис негативний, учасники ринку очікують падіння цін базового активу.

Індексний ф'ючерс - це ф'ючерсний контракт, в якому в якості базисного активу використовується будь-якої фондовий індекс, а не акції.

Таким чином, предметом торгів стає значення індексу. Операцію з ф'ючерсом на індекс можна трактувати як угоду на пакет цінних паперів, що входять в розрахунок індексу. Ф'ючерси на індекси - розрахункові, тому ніякої поставки цінних паперів не здійснюється.

Індексний ф'ючерс використовуються як для спекуляцій на значеннях індексу, так і для хеджування цінних паперів, що входять в розрахунок індексу.

1.3 Огляд сучасних методів аналізу та прогнозування фінансових часових рядів

Задача прогнозування фінансових часових рядів була і залишається актуальною, оскільки передбачення є необхідним елементом будь якої інвестиційної діяльності, адже сама ідея інвестування – вкладення грошей з метою отримання доходу в майбутньому – ґрунтується на ідеї прогнозування майбутнього. Останнім часом, коли стали доступними потужні засоби збору та обробки інформації, з'являються та поширюються нові методи обробки фінансових часових рядів, такі як наприклад різноманітні data mining методи. Широке застосування data mining методів пояснюється тим, що в більшості часових рядів наявні складні закономірності, які не можна виявити лінійними методами.

Однак практичне застосування data mining методів для прогнозу фінансових часових рядів зіштовхується з проблемою не стаціонарності таких рядів. Закономірності розвитку фінансових часових рядів постійно змінюються, причому, як показує практика, ці зміни можуть відбуватися дуже швидко. В результаті успіх чи невдача при використанні прогнозуючих систем, навчених на історичних даних, багато в чому

залежить від того, чи буде майбутня динаміка ряду відповідати тій динаміці, яка була на навчальній множині, чи ні.

Іноді для подолання проблеми нестационарності фінансових даних пропонується регулярно перенавчати системи, що проводять прогнозування по мірі надходження нових даних. Однак очевидним недоліком даного методу є його затримка. К тому моменту коли на навчальній множині накопичиться достатня кількість нових даних, щоб нова динаміка ряду знайшла відображення в закономірностях системи, ця динаміка вже може або закінчитися, або система може встигнути дати неприйнятно велику кількість хибних прогнозів. Таким чином, виникає проблема того, як визначити чи застосовна система, що прогнозує до поточної ситуації чи ні [4].

Одним із алгоритмів аналізу фінансових часових рядів є так званий алгоритм R/S аналізу, що дозволяє визначити чи є часовий фінансовий ряд випадковим чи персистентним, тобто таким, що володіє довготривалою пам'яттю. До часових рядів біржових котирувань також застосовують алгоритм R/S аналізу і роблять висновки щодо їх персистентного характеру. Це надважливий фактор для дослідження таких явищ як наприклад курс акцій або валют, для яких підтверджено неефективність гаусівських підходів численними дослідженнями.

Формула R/S дозволяє визначити для різноманітних моментів часу чи буде розмах більшим чи меншим від того, який слід очікувати у разі якщо кожен наступний елемент не залежний від попереднього. Якщо розсіювання відрізняється від очікуваного, то важливою є точна послідовність даних: послідовність прибуткових чи збиткових моментів зміщує екстремальні значення далі, ніж у випадку їх виникнення випадковим чином.

Для визначення рівня стохастичності фінансових рядів використовують так званий показник Херста.

Розрахунок показника Херста відбувається за формулами (1.3) та (1.4).

$$\frac{R}{S} = (aN)^H \quad (1.3)$$

Звідки

$$H_i = \frac{\log \frac{R_i}{S_i}}{\log aN}, \quad (1.4)$$

де H – показник Херста;

S – середньоквадратичне відхилення ряду від спостережень x ;

N – число періодів спостережень;

a – задана константа, додатне число.

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - X_{cp})^2}, \quad (1.5)$$

де X_{cp} – середнє арифметичне ряду спостережень x за N періодів. X_{cp} розраховується за формулою (1.6).

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (1.6)$$

Розмах накопиченого відхилення R є найбільш важливим елементом формули підрахунку показника Херста. В загальному вигляді його підраховують за формулою (1.7).

$$R = \max_{1 \leq u \leq N} Z_u - \min_{1 \leq u \leq N} Z_u, \quad (1.8)$$

де Z_u – накопичене відхилення ряду x від середнього X_{cp} . Z_u обчислюється за формулою (1.9).

$$Z_u = \sum_{i=1}^u (x_i - X_{cp}) \quad (1.9)$$

З формули розрахунку показника Херста (1.4) видно, що на його ріст впливають:

- збільшення розмаху коливань R ;
- зменшення середньоквадратичного відхилення S ;
- зменшення кількості спостережень N .

При невеликій кількості спостережень N показник Херста має схильність навіть на випадкових рядах оцінювати їх як персистентні (тобто, такі, що мають тренд).

Існує три різноманітних класифікації для різних значень показника Херста:

1. При $0 < H < 0.5$ – антиперсистентний часовий ряд, тобто ряд, для якого характерне так зване «повернення до середнього»: якщо система росте в деякий період часу, то в наступний період слід очікувати спаду. Якщо вчора йшло зниження цін, то завтра слід очікувати їх підвищення. Чим ближче H до 0, тим більш стійкі ці коливання. Але таких процесів в реальності дуже мало. Антиперсистентний часовий ряд називають «рожевим шумом».
2. $H = 0.5$ – часовий ряд стохастичний. Такий процес називають «білим шумом».
3. $0.5 < H < 1$ – персистентний часовий ряд (такі процеси називають ще «чорним шумом»), це трендостійкі ряди. Часовий ряд характеризується ефектом довготривалої пам'яті. Якщо ряд почав зростати, слід очікувати, що він буде зростати і надалі, якщо спадає сьогодні, то слід очікувати спаду і завтра. Трендостійкість тим більше, чим ближче H до 1, тому що чим більша кореляція

між процесами, тим більш однаково вони себе ведуть. Чим ближче H до 0.5, тим більш зашумлений і менш виражений тренд отримуємо на виході.

Сучасний практикуючий трейдер та економіст Ерік Найман, у своїх дослідженнях отриманих в роботі [15], пропонує наступні характеристики коефіцієнту Херста, за якими можна робити припущення щодо характеристик фінансового часового ряду, можна узагальнити таким чином, як зазначено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Характеристики часового ряду за показником Херста, отримані Еріком Найманом

Варіанти розрахунків показника Херста(H)	Характеристика
$H = 0$	Ринок «мертвий», нема ніяких рухів або вони циклічні з дуже великою частотою коливань
$0 \leq H < 0.5$	Ринок прагне повернутися до середнього значення. Ряд нестійкий. Чим ближче H до 0, тим менш стійка динаміка цін(за зростання слідує спад або навпаки)
$H = 0.5$	Ряд абсолютно випадковий, події не залежать один від одного
$0.326 \leq H \leq 0.674$	Ряд з високою ймовірністю, випадковий. Події, скоріш за все, не залежать одна від одної
$0.5 \leq H \leq 1$	Трендостійкий(персистентний) ринок. Чим ближче H до 1, тим сильніше тренд (за зростанням послідує зростання, а за спадом – спад) Ринок має довготривалу пам'ять – майбутнє залежить від минулого.
$H \sim 0.72$	Емпірично отримане значення показника Херста для природних явищ
$H \sim 0.86$	До цього значення прямує лінійний (зростаючий або спадаючий) тренд при порівняно великих N (близько 5000 спостережень)
$H > 1$	Дуже рідке явище, виникають незалежні стрибки амплітуди, що розподілені за Леві

1.4 Загальний огляд методів прогнозування, що використовують при інвестиційній діяльності

Найчастіше, метою аналізу фінансових часових рядів є їх прогнозування.

Прогнозування є важливим елементом будь-якої інвестиційної діяльності. Для інвестора, що вкладає свій капітал з метою отримання прибутку, важливо знати як будуть себе поводити ті чи інші фінансові інструменти(об'єкти інвестування) в майбутньому. Від якості виконання прогнозу напряму залежить величина отриманого прибутку. Ті, хто володіє більш досконалішими методами аналізу і прогнозування фінансових часових рядів будуть мати більшу норму прибутку в порівнянні з тими, в кого немає інструментів прогнозування. Тому велике значення для інвестора має проблема вдосконалення цих методів.

Зробимо огляд всіх сучасних методів прогнозування фінансових процесів, які використовуються професійними учасниками ринку:

1. Експертні методи прогнозування.

Найпоширеніший метод з групи експертних методів – метод Делфі. Суть методу полягає в збиранні та обробці думок різних експертів і їх узагальнення в єдину оцінку. Якщо ми прогнозуємо цим методом фінансові ринки, то нам потрібно виділити експертну групу людей, що компетентні в експертній галузі. Це можуть бути аналітики, професійні трейдери, інвестори, банки тощо. Далі слід провести анкетування або опитування і зробити узагальнення щодо поточної ситуації на ринку.

2. Методи логічного моделювання.

Засновані на пошуку і виявленні закономірностей ринку в довгостроковій перспективі.

До цих методів належать:

- сценарний аналіз, опис послідовності результатів з тієї чи іншої події з створенням бази знань;

- методи прогнозу по образу;
- методи аналогій.

3. Економіко-математичні методи.

Методи з цієї групи базуються на створенні моделей досліджуваного об'єкту. Економіко-математична модель – це певна схема, шлях розвитку ринку цінних паперів при заданих умовах. При прогнозуванні фінансових часових рядів використовують статистичні, динамічні, мікро -, макро -, лінійні, нелінійні, глобальні, локальні, галузеві, оптимізаційні, дескриптивні моделі. Дуже значущими для фінансових наук оптимізаційні моделі, що представляють систему рівнянь, куди входять різноманітні обмеження, а також особливе рівняння, що зветься функціоналом оптимальності(або критерієм оптимальності). За допомогою нього знаходять оптимальне, найкраще рішення за деяким показником.

4. Статистичні методи.

Статистичні методи прогнозування стосовно фінансових часових рядів ґрунтуються на побудові різноманітних індексів (дифузійних, змішаних), розрахунків значень дисперсії, математичного сподівання, варіації, коваріації, інтерполяції, екстраполяції.

5. Технічний аналіз.

Прогнозування змін цін в майбутньому на основі аналізу змін цін в минулому. В його основі лежить аналіз часових рядів цін – «чартів». Окрім цінових рядів, в технічному аналізі використовується інформація про обсяги торгів та інші статистичні дані. Найчастіше методи технічного аналізу використовуються для аналізу цін, що змінюються вільно, наприклад, на біржах. В технічному аналізі безліч інструментів та методів, але всі вони ґрунтуються на одному припущенні: з аналізу часових рядів, виділяючи тренди, можна спрогнозувати поведінку цін.

До методів технічного аналізу також можна віднести нейронні мережі.

6. Фундаментальний аналіз.

Метод прогнозування ринкової (біржевої) вартості компанії, оснований на аналізі фінансових і виробничих показників її діяльності.

Фундаментальний аналіз використовується інвесторами для оцінки вартості компанії або її акцій, що відображає стан справ в компанії, рентабельність її діяльності. При цьому аналізу піддаються фінансові показники компанії: виручка, EBITDA (Earnings Before Interests Tax, Deprecation and Amortization), чистий прибуток, чиста вартість компанії, зобов'язання, грошовий потік, величина дивідендів до виплати і виробничі показники компанії.

Зробимо короткий огляд теорії Чарльза Доу з метою використання деяких тез з неї для інтерпретації результатів кластеризації.

Дуже багато з того, що ми зараз називаємо загальним терміном "технічний аналіз", по суті справи, так чи інакше впливає з теорії Чарльза Доу. Навіть в сучасному світі нових технологій, коли всі більш і більш досконалі технічні індикатори стають в нагоді аналітикам, ідеї Чарльза Доу все одно знаходять застосування. Чимала частина нібито новітніх інструментів сучасних технічних аналітиків спирається, насправді, на принципи, закладені Доу. Саме тому необхідно починати вивчення технічного аналізу з огляду, нехай навіть поверхневого, теорії Доу.

Основні положення:

1. Індекси враховують все.

Відповідно до теорії Доу, будь-який чинник, здатний так чи інакше вплинути на попит або пропозицію, незмінно знайде своє відображення в динаміці індексу. Причому, будь-який означає будь-який, нехай це буде навіть землетрус, катастрофа або будь-який інший чинник. Зрозуміло, ці події не передбачувані, тим не менш, вони миттєво враховуються ринком і відображаються на динаміці цін.

2. На ринку існують три типи тенденцій. Визначення тенденції, яке дає Доу, виглядає наступним чином: при зростаючій тенденції кожен наступний пік і кожен наступний спад вище попереднього. Іншими

словами, у «бичачої» тенденції повинен бути абрис кривої з послідовно зростаючими піками і спадами. Відповідно, при низхідній тенденції кожному наступному піку і спаду буде нижче, ніж попередній.

Доу виділяв три категорії тенденцій: первинну, вторинну і малу. Найбільше значення від надавав саме первинній, або основній тенденції, яка триває понад рік, а іноді і декілька років. Доу вважав, що більшість інвесторів на фондовому ринку беруть до уваги саме основний напрямок руху ринку. Він порівнював три категорії тенденцій з припливом, хвилями і брижами на море.

Основна тенденція дійсно подібна приливу. Вторинна, або проміжна тенденція, нагадує хвилі, які і утворюють прилив. А малі тенденції схожі на брижі на хвилях. Якщо під час припливу, коли хвилі вихлестують на берег, за допомогою кілочків відзначати найдальшу точку, до якої дістає кожна наступна приливна хвиля, то можна визначити силу припливу. Якщо кожна наступна хвиля вихлестує на берег далі, ніж попередня, значить приплив наростає. Якщо ж хвилі відступають, значить почався відплив.

Вторинна, або проміжна тенденція, є коректує стосовно до основної тенденції і триває, як правило, від трьох тижнів до трьох місяців. Подібні проміжні поправки сягають від однієї до двох третин (дуже часто половину, або 50%) відстані, «пройденого» цінами під час попередньої тенденції.

Малі або короткострокові тенденції тривають трохи більше трьох тижнів і представляють собою короткострокові коливання в рамках проміжної тенденції.

3. Основна тенденція має три фази. Зазвичай у розвитку основної тенденції можна виокремити три фази. Фаза перша, або фаза накопичення, коли найбільш далекоглядні і поінформовані інвестори починають купувати, так як вся несприятлива економічна інформація вже була врахована ринком. Друга фаза настає, коли в гру включаються ті, хто

використовує технічні методи прямування за тенденціями. Ціни вже стрімко зростають, і економічна інформація стає все більш оптимістичною. Тенденція входить в свою третю, або заключну фазу, коли в дію вступає широкий загаль, і на ринку починається ажіотаж, що підігрівається засобами масової інформації. У газетах пишуть про "зоряний час биків", економічні прогнози сповнені оптимізму, зростає обсяг спекуляцій. Ось тут-то ті інформовані інвестори, які "накопичували" під час вильоті ведмежого ринку, коли ніхто не хотів купувати, починають "поширювати", тобто продавати, коли все, навпаки, намагаються купити. Ті з вас, кому доводилося стикатися з теорією хвиль Еліота, напевно дізнаються ці три фази бичачого ринку. Р.Елліот розробив свою теорію в 30-х роках, ґрунтуючись на праці Роберта Ріа "Теорія Доу". Елліот теж визнавав існування трьох основних фаз бичачого ринку. Однак у цих двох робіт є одна істотна відмінність - принцип підтвердження, про який говорить четвертий постулат теорії Доу.

4. Індекси повинні підтверджувати один одного. Тут Доу мав на увазі промисловий і залізничний індекси. Він вважав, що будь-який важливий сигнал до підвищення або пониження курсу на ринку повинен пройти в значеннях обох індексів. Іншими словами, про початок зростаючої тенденції можна говорити тільки в тому випадку, якщо значення обох індексів перекрили свої попередні проміжні піки. Якщо це відбувається тільки з одним індексом, значить говорити про тенденції до підвищення курсу на ринку рано. Сигнали не повинні, зрозуміло, абсолютно збігатися один з одним, але чим менше вони розділені за часом, тим надійніше. Якщо ж в динаміці індексів спостерігається розбіжність, значить все ще діє попередня тенденція, характер ринку не змінився.

Саме в цьому пункті і не збігаються теорія Доу і теорія Еліота. Згідно з другою, досить сигналу тільки одного індексу.

Для подальшої роботи, використаємо четверту тезу теорії Доу.

1.5 Проблематика дослідження фінансових часових рядів

Основна проблема в задачі аналізу і прогнозування полягає в побудові моделі, що адекватно відображає динаміку фінансових часових рядів. Ринковий механізм характеризується великою кількістю зв'язків, що постійно змінюються, залежать від безлічі зовнішніх факторів, що здатні суттєво вплинути на всю структуру його залежностей, причому вплив може мати найрізноманітнішу природу. Поява тих чи інших факторів не завжди позначається на передісторії фінансового часового ряду, але може викликати значне порушення його динаміки. Саме в цьому і полягає особливість практично всіх фінансових часових рядів. Прийняття нового закону, зміна ставки рефінансування, відставка уряду, гучні скандали – лише невеликий список тих факторів, що здатні суттєво вплинути на фінансовий ринок [8]. До того ж, вплив, який політичні процеси мають на деякий фінансовий процес складно формалізується та здебільшого зміна такого впливу не може бути спрогнозована методами кількісного аналізу.

Іншою проблемою, з якою доводиться зіштовхнутися при моделюванні фінансових часових рядів, заключається в тому, що фінансові ринки постійно зазнають потрясінь, прикладами яких є, наприклад, ринків Південно-Східної Азії, фінансово економічна криза в РФ, тощо. З'являється проблема виявлення факторів, що є передумовами критичних явищ, що змінюють напрямок руху тренду і здатні призвести, в тому числі, і до кризи.

1.6 Стохастичні моделі фінансових часових рядів

Існує декілька процесів з короткотривалою пам'яттю, якими зазвичай користуються при прогнозуванні цін на фінансових ринках. В тому числі:

1. AR;
2. MA;
3. ARMA;
4. ARIMA;
5. ARFIMA.

Зупинимось більш детально на фрактальній авторегресії.

ARIMA – інтегровна модель авто регресії – ковзного середнього – модель і методологія аналізу часових рядів. Модель ARIMA(p,d,q) означає, що різності часового ряду підпорядковуються моделі ARMA(p,q).

$$\Delta^d X_t = c + \sum_{i=1}^p a_i \Delta^d X_{t-i} + \sum_{j=1}^q b_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t \quad (1.10)$$

З використанням лагового оператора модель можна записати в такому вигляді:

$$(1 - L)^d X_t = c + \left(\sum_{i=1}^p a_i L^i \right) (1 - L)^d X_t + (1 + \sum_{j=1}^q b_j L^j) \varepsilon_t \quad (1.11)$$

Дані моделі передбачають використання дробових порядків різностей, оскільки теоретично порядок інтегрованості d часового ряду може бути не цілою, а дробовою величиною. В цьому разі кажуть про дробно - інтегровані моделі авто регресії – ковзного середнього (ARFIMA - Auto Regressive Fraction Integrated Moving Average). Для розуміння сутності дробового інтегрування необхідно розглянути розклад оператора

взяття d -тої різності в степенний ряд по степенях лагового оператора для дробових d (розклад в ряд Тейлора) [8]:

$$\Delta^d = (1 - L)^d = \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{\prod_{j=0}^{k-1} (d-j)}{k!} L^k \quad (1.12)$$

Основними методами побудови математичних моделей є структурний та функціональний.

Структурний метод передбачає моделювання внутрішнього механізму взаємодії змінних, відображає їх фактичні взаємозв'язки.

Критерієм правильності структурної моделі є однаковий характер поведінки основних змінних реального процесу і моделі.

Розглянемо, наприклад, зростання інфляції внаслідок випуску додаткової грошової маси. Оскільки логіка цього процесу досить проста і існують експериментальні дані, які ілюструють зростання інфляції, то можна постулювати, що інфляція описується диференціальним або різницеvim рівнянням першого або другого порядку.

Структурним підходом можна скористатись, наприклад, для побудови математичної моделі процесу трансформування власності (модель приватизації наведена в додатку) або макроекономіки в цілому. Для цього необхідно визначити вхідні керуючі змінні, збурення та вихідні змінні, а також визначити якого типу зв'язки існують між ними.

Серед керуючих змінних макроекономічного процесу можна виділити внутрішні та зовнішні інвестиційні потоки, потоки сировини, робочої сили, нові технології та структурні зміни в промисловості в цілому, а також в окремих галузях. Метою використання керуючих змінних є досягнення заданих рівнів макроекономічних показників - рівень виробництва валового внутрішнього продукту (ВВП), індекси інфляції, індекс людського розвитку, середня заробітна плата тощо.

Як правило, в такі моделі вводять в явному вигляді збурення – випадкові змінні, які негативно впливають на протікання процесу. Врахувати інформацію щодо збурень в моделі складно, а тому випадкові змінні агрегують(об'єднують) і представляють в моделі однією чи двома випадковими змінними, які представляють всі збурення.

На основі знання логіки взаємодії змінних процесу та використання відомих макроекономічних законів (наприклад, врівноваженого розвитку процесів) будується система рівнянь, які описують розвиток окремої галузі або макроекономіки в цілому.

Функціональний підхід використовують для формального описання процесу, не проникаючи глибоко у фактичну структуру цього процесу і взаємодії його змінних.

Функціональний підхід є простішим від структурного і саме він найчастіше використовується на практиці. Гнучкість даного підходу дає можливість відносно швидко побудувати високоякісні моделі для прогнозування та синтезу систем керування.

1.7 Висновки за розділом 1

Отже, ф'ючерси дозволяють досліджувати різноприродні фінансові ринки. Задача зменшення розмірності для спрощення спостереження за світовим фінансовим ринком розглядаючи, наприклад, фондові індекси як показники стану певного фондового ринку є актуальною враховуючи особливості сучасного функціонування фондового ринку.

Основною задачею аналізу фінансових часових рядів є їх прогнозування. Сучасні методи прогнозування та аналізу фінансових часових рядів включають експертні методи прогнозування, методи логічного моделювання, економіко-математичні методи, статистичні

методи, технічний аналіз, фундаментальний аналіз. Одним із важливих інструментів аналізу фінансових часових рядів є R/S аналіз - визначення рівня стохастичності фінансових рядів за допомогою так званого показника Херста.

Для трейдингу або довгострокового інвестування в деякі фінансові інструменти визначальну роль відіграє правильне визначення набору інструментів для диверсифікації ризиків відповідно до очікуваного рівня ризику.

Основною особливістю аналізу значень фондових індексів як фінансових часових рядів є проблема побудова адекватної моделі, різноманітність природи факторів, що можуть впливати на динаміку часового ряду. Для учасника фінансового ринку вчасно отримана інформація щодо зміни глобального тренду фінансового часового ряду, що відповідає вартості деякого інструменту, корисна для більш ефективного управління активами.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ТА ВИОКРЕМЛЕННЯ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ГЛОБАЛЬНОГО ФОНДОВОГО РИНКУ

2.1 Вибір методу для вирішення поставленої задачі

Формалізуємо задачу. В загальному випадку, задача зменшення розмірності має таку постановку:

Нехай маємо деяку вибірку:

$$X = \{x_n\}_{n=1}^N; x_n \in R^D. \quad (2.1)$$

Мета – представити вибірку у просторі меншої розмірності $d < D$, причому в новому просторі «схожі» об’єкти мають організовувати компактні множини.

Нехай D – розмірність початкового простору, d – розмірність шуканого простору.

Напишемо перетворення даних в сімействі лінійних функцій:

$$x = \mu + t_1 w_1 + \dots + t_d w_d = Wt + \mu \quad (2.2)$$

В такому разі $x \in R^D$; $t \in R^d$ – нові координати об’єкту

$$W = (w_1 | \dots | w_d) \in R^{D \times d}, \mu \in R^D \quad (2.3)$$

де w_1, \dots, w_d – базис гіперплощини.

Графічна інтерпретація представлена на рисунку 2.1 – проекція даних на гіперплощину.

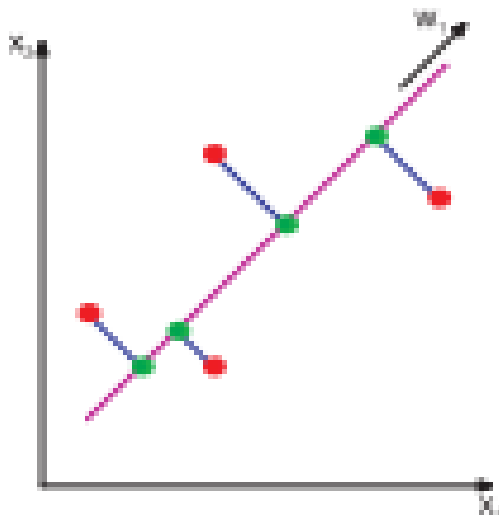


Рисунок 2.1 - Графічна інтерпретація задачі зменшення розмірності

Згідно класифікації наданій в [7] поставлена задача належить до «м'яких задач» зменшення розмірності (розмірність задачі - декілька десятків параметрів). Для задач редукції багатовимірних даних в такому класі задач зазвичай застосовують такі методи, як метод головних компонент, факторний аналіз, дискримінантний аналіз, багатовимірне масштабування, тощо.

Зупинимось більш детально на методі головних компонент та факторному аналізі як методах редукції даних, що застосовні до поставленої задачі.

Аналіз, або метод головних компонент – це процедура визначення меншого числа некорельованих змінних, які зветься головними компонентами, з більшого набору даних.

Наявність множини вихідних ознак, що характеризують процес функціонування об'єктів сприятлива для подальшого відбору з них найбільш суттєвих і досліджувати менший набір показників. Інколи, показники попередньо підлягають деяким перетворенням, що забезпечують мінімальні втрати інформації. Застосування таких підходів дає можливість лаконічного та більш зручного пояснення та інтерпретації багатовимірних структур, дозволяє спостерігати за закономірностями, які

не можна спостерігати безпосередньо, за допомогою отриманих факторів або головних компонент. Це дозволяє достатньо точно і просто описувати вихідні дані, їх структуру, характер взаємозв'язків між ними. Стискання інформації в такому разі отримуємо за рахунок зменшення кількості факторів, що підлягають дослідженню.

При великій кількості змінних коваріаційна або кореляційна матриця може бути складною для правильного дослідження та інтерпретації через занадто багато парних кореляцій між змінними. Графічне відображення даних також може не бути особливо корисно, якщо набір даних дуже великий. Для більш зручної інтерпретації слід зменшити кількість змінних, які називатимуться головними компонентами.

Більш загальним методом редукції та інтерпретації даних є факторний аналіз.

Факторний аналіз поділяється на наступні етапи: визначення кількості факторів та відбір факторів для дослідження; класифікація і систематизація їх з метою забезпечення системного підходу; моделювання взаємозалежностей між результативними і факторними показниками; розрахунок впливу факторів і оцінювання ролі кожного з них за допомогою результативного показника; практичне використання факторної моделі.

Метою факторного аналізу є визначення взаємозв'язків між змінними, їх класифікація, зменшення кількості змінних.

Зважаючи на особливості предметної області дослідження та оглянувши методи редукції даних, можемо зробити висновок, що для аналізу світового фондового ринку слід зробити акцент на зв'язках безпосередньо між фондовими індексами, виділяючи з них найбільш суттєві фактори.

Розглядаючи фондовий індекс з точки зору факторного аналізу, кожен із національних фондових індексів обчислюється за однією із нижчезазначених в підрозділі 2.2 методик

2.2 Методи розрахунку фондових індексів

Індекс зважений по ціні (англійською мовою - price weighted) є сумою цін усіх активів, що входять в індекс, поділеної на дільник.

Найвідомішим прикладом є індекс Доу Джонса:

$$DJIA = \frac{\sum P_i}{D}, \quad (2.4)$$

де P_i - ціна i -тої акції;

D - дільник (з англійської - Divisor) індексу Доу Джонс.

Дільник змінюється для збереження безперервності значення індексу при додаванні або виключенні компаній з індексу, а також при інших корпоративних події (наприклад, зміна кількості акцій даної компанії, включених в індекс). Значення дільника публікується в The Wall Street Journal, на травень 2014 року становить $D = 0.15571591$. Даний метод є найпростішим для обчислення. Його недоліком є те, що в ньому вага кожної акції пропорційний її ціною, яка є довільною величиною. В даний час за цим методом розраховуються традиційні індекси сімейства Доу Джонс, Nikkei 225. Як правило, сучасні індекси не використовують зважування за ціною. Індекс зважений за (вільної) ринкової капіталізації. Більшість сучасних фондових індексів є зваженими по вільної ринкової капіталізації. Найвідоміший приклад - S & P 500. Значення індексу дорівнює сумарній (вільної) ринкової капіталізації компаній кошика поділене на дільник.

$$Index Value = \frac{\sum P_i N_i}{D} = \frac{Index Market Cap}{D}, \quad (2.5)$$

де P_i - число акцій в обігу (shares outstanding) для зважування за ринковою капіталізацією;

N_i - число акцій у вільному обігу (free float) для зважування по вільній ринковій капіталізації.

Дільник вибирається так, щоб на момент історичного початку розрахунку індексу (базова дата) його значення дорівнювало якомусь зручному числу (базового значення); наприклад для S & P 500 базове значення дорівнює 10. Надалі, так само як і у всіх інших типах індексів, дільник змінюється для збереження безперервності значення індексу при корпоративні події. Наприклад для індексу S & P 500 на травень 2014 року дільник $D = 8921.33269716$.

Розглянемо рівнозважений індекс (з англійської - equally weighted). Кількість акцій в кошику вибирається таким чином, щоб вага кожної акції в сумарною ринкової капіталізації індексу був однаковим.

$$Equal - weighted Index Value = \frac{\sum P_i N_i}{D}, \quad (2.6)$$

де кількість акцій в кошику вибирається з умови:

$$w_i = \frac{P_i N_i}{\sum P_i N_i} = \frac{1}{Number of Securities in Index} \quad (2.7)$$

Приклади індексів - S & P 500 Equal Weighted, ÖkoDAX.

Одним із найбільш відомих фондових індексів у світі є Dow Jones. Доу - Джонс є найстарішим серед існуючих американських ринкових індексів. Цей індекс був створений для відстеження розвитку промислової складової американських фондових ринків. Індекс охоплює 30 найбільших компаній США. Приставка «промисловий» є даниною історії - в даний час багато хто з компаній, що входять в індекс, що не належать до цієї галузі. Спочатку індекс розраховувався як середнє арифметичне цін на акції охоплених компаній. Зараз для розрахунку застосовують масштабується середнє - сума цін ділиться на дільник, який змінюється щоразу, коли входять в індекс акції піддаються дробленню (сплиту) або об'єднання (консолідації). Це дозволяє зберегти сумісність індексу з урахуванням змін у внутрішній структурі назв акцій.

Отже, розглядаючи довільний фондовий індекс не зважаючи на метод його формування, на нього впливають зміни цін цінних паперів відповідного кошика, на які в свою чергу впливають інші кількісні та якісні фактори, серед яких економічні показники компаній емітентів, геополітичні фактори, тощо.

2.3 Застосування кореляційного аналізу для виокремлення головних компонент

В такому разі, будуючи універсальний алгоритм для зменшення розмірності задачі (редукції багатовимірних даних) запропонуємо виділити в якості фактору фондовий індекс, а не вводити один або декілька зовнішніх факторів для вибору головної компоненти.

За основу як для кластеризації, так і для методу головних компонент, в такому разі, запропонуємо взяти дослідження кореляційних моментів.

Самі ж значення фондових індексів розглянемо як значення вибірки випадкових величин.

Кореляційний момент також називають моментом зв'язку [1]. Зазначимо формулу обчислення кореляційного моменту(коваріації).

Нехай X_1, X_2, \dots, X_n та Y_1, Y_2, \dots, Y_n – вибірки X та Y випадкових величин, визначені на одному й тому самому ймовірнісному просторі. Тоді коваріацією між вибірками X та Y називають:

$$\text{cov}(X_{(n)}, Y_{(n)}) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})(Y_t - \bar{Y}), \quad (2.8)$$

де

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t, \quad (2.9)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t. \quad (2.10)$$

Очевидно, що:

$$\text{cov}(X_{(n)}, Y_{(n)}) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t Y_t - \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t \right) \left(\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t \right) \quad (2.11)$$

Так як фондові індекси змінюються в різних діапазонах значень, доцільно перейти до роботи з коефіцієнтами кореляції. Такий перехід також забезпечить більш чітке відображення зв'язку між величинами, так як у разі роботи з кореляційними моментами відображується не лише зв'язок між випадковими величинами, а і їх розсіювання.

Для обчислення коефіцієнту кореляції використовується формула (2.12).

$$r_{XY} = \frac{\text{cov}_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2} \sqrt{\sum (Y - \bar{Y})^2}}, \quad (2.12)$$

де

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t, \quad (2.13)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t. \quad (2.14)$$

Коефіцієнт кореляції змінюється в межах від -1 до 1 та є кількісною мірою сили і напрямку ймовірного взаємозв'язку двох змінних.

Напрямок зв'язку визначається прямим чи зворотнім співвідношенням двох змінних: якщо зростанню однієї змінної відповідає значень другої змінної, то зв'язок називається прямим; якщо зростанню значень однієї змінної відповідає спадання значень іншої, то зв'язок називається зворотнім. Показником напрямку зв'язку є знак коефіцієнту кореляції [5].

Коефіцієнт кореляції характеризує лінійну залежність випадкових величин, тобто те, що при зростанні/спаданні однієї випадкової величини, друга має тенденцію зростати/спадати по тому ж закону. Ця залежність і є важливою для аналізу світового фондового ринку або його сегменту.

Корельованість випадкових величин є ознакою їх залежності. Але із некорельованості в загальному випадку не слідує незалежність [1].

Тут слід зупинитися на особливостях змісту поставленої задачі.

В економічній теорії важливу роль грає поняття обмеженості ресурсів. Це поняття описує обмеженість ресурсів, необхідних людині на протипагу необмеженості потреб.

Розглянемо таку ситуацію: національний фондовий індекс однієї із держав падає. Це означає, що падає вартість цінних паперів, що входять до корзини даного індексу, на фондовому ринку. Отже, ці цінні папери не користуються попитом серед інвесторів і інвестори надають перевагу цінним паперам інших країн, і, відповідно ті, що входять до кошику іншого фондового індексу. Таким чином, це сприятиме тенденції до

збільшення значення цього фондового індексу. Охоплюючи національні індекси провідних країн світу з найпотужнішим фондовим ринком можна прийняти гіпотезу про те, що можна знехтувати впливом від переміщення інвестицій в чи з компаній, що не входять до корзин національних фондових індексів провідних країн світу через їх порівняно незначний обсяг.

Таким чином, надалі будемо розглядати світовий фондовий ринок як «замкнену» систему. В такому разі відображення взаємозв'язків за допомогою кореляційних коефіцієнтів є коректним.

Розглядаючи значення фондових індексів як значення випадкової величини, доцільно будувати кореляційну матрицю.

Кореляційною матрицею називають набір значень коефіцієнтів кореляції між змінними представлений у вигляді матриці [1].

Формула (2.15) описує вигляд кореляційної матриці A .

$$A = \begin{bmatrix} 1 & \cdots & r_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{p1} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

де r_{ij} – коефіцієнт кореляції.

Кореляційним аналізом називають перевірку гіпотез про зв'язки між змінними з використанням коефіцієнтів кореляції.

Запропонуємо виділяти головні компоненти безпосередньо серед фондових індексів, тобто розглядати деякий фондовий індекс як головну компоненту для деякого ряду інших.

Також, слід зазначити, що виходячи із поставленої задачі не має сенсу фіксувати кількість головних компонент, причому навіть для невеликого відрізка часу. Фіксованим залишимо обране критичне значення, а кількість головних компонент будемо визначати щоразу застосовуючи алгоритм. Метод головних компонент в загальному випадку

ітераційним методом, в нашому ж випадку метод матиме лише одну ітерацію.

2.4 Кластерний аналіз та його застосування до предметної області дослідження

Кластерний аналіз – це багатовимірна статистична процедура, що виконує збір даних що містять інформацію про деякі об’єкти. Після цього об’єкти впорядковуються в умовно однорідні групи.

Перевагою кластерного аналізу є те, що він на відміну від інших статистичних методів не накладає ніяких обмежень на вид об’єктів, що розглядаються і дозволяє використовувати множину вихідних даних практично довільної природи.

Важливе значення кластерний аналіз має відносно застосування до сукупностей часових рядів, що характеризують економічний розвиток [3]. За допомогою кластерного аналізу зручно в такому застосуванні виділяти періоди коли значення відповідних часовим рядам показників були достатньо близькими, а також визначити групи часових рядів динаміка яких найбільш схожа. Саме це застосування кластерного аналізу доцільно використати для розв’язку поставленої задачі.

Задача кластерного аналізу (в загальному випадку) полягає в тому, щоб на основі даних, що містяться в множині X розбити множину об’єктів G на m (m – ціле) кластерів (підможин) Q_1, \dots, Q_m таким чином, щоб кожен об’єкт G_j належав одній і тільки одній підмножині розбиття. Тут слід зазначити, що задача кластеризації допускає наявність спірних елементів, віднесення яких до певного кластеру залишається на розсуд експерту, що проводить дослідження.

Отже, інструментарієм для вирішення поставленої задачі є метод головних компонент, кластерний аналіз, використання кореляційних моментів та коефіцієнтів.

2.5 Підготовка даних для вирішення поставленої задачі

Для побудови кореляційної матриці взято статистичні дані 20 часових рядів зі значеннями цін всіх 20 ф'ючерсів за період з 1 січня 2017 року по 1 жовтня 2019 року. Дані отримані з відомого американського журналу The Wall Street Journal [12], що на постійній основі публікує дані щодо значень фондових індексів в зручній для роботи формі в форматі «.csv». Подальша робота з даними для побудови кореляційних матриць проводилась в програмному продукті Microsoft Office Excel.

Слід зауважити, що для дослідження розглядаються лише дані щодо значень фондових індексів на момент закриття торгів кожного дня, а дані щодо змін котирувань протягом дня та відкриття торгів не беруться до уваги.

Даний період часу налічує 1003 дні. Підраховано, що в розглянутому джерелі присутні дані щодо хоча б одного з 20 ф'ючерсів в 859 днів.

Однією з умов, необхідних для коректної роботи з часовими рядами є синхронність даних [7]. Для виконання умови синхронності даних взято лише ті точки часового ряду, де присутні значення всіх без виключення з 20 індексів. В результаті отримано 20 часових рядів із 662 точок кожен.

Отже, можна зробити висновок, що підготовлені дані відповідають вимогам поставленої задачі.

2.6 Висновки за розділом 2

Отже, поставлена задача редукції даних для дослідження світового фондового ринку належить до категорії «м'яких задач» зменшення розмірності. Зробивши огляд методів, що застосовують в таких задачах та попередньо дослідивши природу фондового індексу як об'єкту дослідження було зроблено висновок, що для поставленої задачі доречно застосувати методи кластерного та кореляційного аналізу, метод головних компонент, а також для більш повного аналізу результатів та розуміння природи процесу доцільно застосувати елементи факторного аналізу.

Було розглянуто деталі кластерного та кореляційного аналізу, необхідні для прикладного використання при розв'язанні поставленої задачі. Зібрано статистичні дані з відкритих джерел, що виступатимуть показниками, які характеризують світовий фондовий ринок.

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА АЛГОРИТМУ ВИОКРЕМЛЕННЯ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ ТА ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ПОБУДОВАНОГО АЛГОРИТМУ

3.1 Побудова формалізованого алгоритму кластеризації

Побудуємо кореляційну матрицю за отриманими в розділі 2 даними.

Якісно оцінити тісноту зв'язку за значенням коефіцієнта кореляції дозволяє спеціальна шкала значень коефіцієнтів кореляції, розроблена професором Колумбійського університету США Чеддокою [11]. Скористаємось нею.

Отже, приймемо оцінку тісноти зв'язку двох змінних на основі коефіцієнта кореляції в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Оцінка тісноти зв'язку на основі коефіцієнта кореляції

Значення коефіцієнта кореляції	0 - 0,3	0,3 - 0,5	0,5 - 0,7	0,7 - 0,9	0,9 - 1
Тіснота зв'язку	Слабка	Помірна	Помітна	Висока	Дуже Висока

Для наочності, в ході роботи, будемо розфарбовувати відповідні комірки матриці відповідно до значень, що в них містяться за вищезазначеною шкалою.

Запропонуємо алгоритм для виділення головних компонент.

Крок 1. Вибір критичного рівня.

Візьмемо критичний рівень на рівні високої тісноти зв'язку за Чеддокою, тобто, 0,7.

Критичний рівень в подальшому буде критерієм для подальшої задачі кластеризації.

В разі подальшого ускладнення задачі критичний рівень можна коригувати виходячи з того, який результат необхідно отримати, що є пріоритетом при дослідженні – зменшення похибки чи зменшення складності обчислень. Зрозуміло, що збільшуючи в напрямку одиниці критичний рівень, отримаємо збільшення кількості компонент на виході, та, відповідно зменшимо ефект редукції даних.

Крок 2. Побудова кореляційної матриці за період що розглядається.

Розглядаючи часові ряди зі значеннями фондових індексів як значення спостережень випадкової величини побудуємо кореляційну матрицю.

Для кращого візуального сприйняття запропонуємо розфарбувати матрицю згідно з класифікацією, показаною в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Принцип розфарбовування комірок матриці

Принцип розфарбовування матриці:	Колір	Діапазон значень	
Червоний		0	0,3
Помаранчевий		0,3	0,5
Жовтий		0,5	0,7
Світло зелений		0,7	0,9
Зелений		0,9	1

Довжину часового ряду коригуємо в залежності від відповідного часового періоду, який необхідно розглянути.

Крок 3. Побудова нової матриці.

Побудуємо нову матрицю за таким правилом: якщо значення в комірці кореляційної матриці не менше за критичний рівень, переносимо його в нову матрицю, в іншому разі, ставимо у відповідну комірку нової матриці 0. Тобто, знехтуємо даними, що не відповідають критерію задачі оптимізації.

Крок 4. Прослідкуємо, в якому стовпці найбільше ненульових значень.

Виділимо відповідний елемент як основний, елементи які відповідають строкам з ненульовим значенням визначимо як другорядні. Отримаємо перший кластер.

Крок 5. Видалимо всі елементи, що увійшли у щойно створений кластер з матриці.

Крок 6. Елементи, що мають лише нульові значення в новій матриці відразу визначимо як позакластерні.

За позакластерними елементами доведеться спостерігати окремо, вони не будуть виражені через жодну головну компоненту.

Крок 7. Побудова третьої матриці.

Побудуємо та розглянемо нову матрицю M , що складається з елементів, що не увійшли до першого кластеру, та не були виділені відразу як позакластерні на кроці 6.

В такому разі для нової матриці B матиме місце вираз (3.1).

$$M \in R^{(n-c_1-p) \times (n-c_1-p)} \quad (3.1)$$

де n – розмірність початкової матриці;

c_1 – кількість елементів у першому кластері;

p – кількість позакластерних елементів, виділених на кроці 6.

Отримавши нову матрицю M кластеризуємо її елементи, що мають між собою кореляцію вище за заданий критичний рівень. Елементи, що не вдалося долучити до жодного кластеру додамо до множини позакластерних елементів. Як головну компоненту оберемо елемент, що має найвищу середню за модулем кореляцію з рештою елементів кластеру, якщо елементів в кластері 3 або більше; якщо елементів 2, вибираємо той,

що має більшу середню за модулем кореляцію з усіма іншими елементами початкової матриці.

Запропонуємо виразити другорядні елементи через головні компоненти таким чином. Нехай відомо, що кореляція між деякою головною компонентою A та другорядним елементом B становить p . Відомо також, що в деякий момент часу t_0 фондовий індекс A набуває значення $A(t)$. Тоді з ймовірністю p ймовірна така подія:

$$C = \{B(t_0 \in \left(\frac{A(t)-A_{\min}}{A_{\max}-A_{\min}} * (B_{\max} - B_{\min}) + B_{\min} - (1-p) * (B_{\max} - B_{\min}) + B_{\min}; \frac{A(t)-A_{\min}}{A_{\max}-A_{\min}} * (B_{\max} - B_{\min}) + B_{\min} + (1-p) * (B_{\max} - B_{\min}) + B_{\min} \right)\}, \quad (3.2)$$

де A_{\max} – максимальне значення фондового індексу A на розглянутому проміжку часу;

A_{\min} – мінімальне значення фондового індексу A на розглянутому проміжку часу;

B_{\max} – максимальне значення фондового індексу B на розглянутому проміжку часу;

B_{\min} – мінімальне значення фондового індексу B на розглянутому проміжку часу.

$$P(C) = p \quad (3.3)$$

де p – значення кореляції між елементами A та B .

При запровадженні запропонованої залежності для кожного другорядного елементу кластеру можна побудувати такий інтервал, в котрий потрапляє значення фондового індексу в заданий момент часу з ймовірністю, рівною коефіцієнту кореляції між другорядним елементом та

головною компонентою. Таким чином, визначення відповідного критичного рівня забезпечує потрапляння значення в інтервал з ймовірністю, не нижче заданої.

Запровадимо формулу для визначення зміни другорядного елементу за умови відомої динаміки головного елементу:

$$I_{i_{\hat{k}j}} \in (I_{i_{kj-1}} * \frac{I_{M_{kj}}}{I_{M_{kj-1}}} - \varepsilon; I_{i_{kj-1}} * \frac{I_{M_{kj}}}{I_{M_{kj-1}}} + \varepsilon), \quad (3.4)$$

де $I_{i_{\hat{k}j}}$ - оцінка значення деякого фондового індексу i , що належить до кластеру K в деякий момент часу j ;

$I_{M_{kj}}$ - значення фондового індексу, що являє собою головну компоненту деякого кластеру k в момент часу j .

ε – розраховується за формулою (3.5).

$$\varepsilon = (1 - p) * I_{M_{kj}}, \quad (3.5)$$

де p – коефіцієнт кореляції між головною компонентою M і другорядним елементом i .

3.2 Побудова формалізованого алгоритму для створення інвестиційного портфелю та короткострокового прогнозування

Отже, маємо формалізований алгоритм для зменшення розмірності.

Далі, будуємо алгоритм побудови портфелю на основі отриманих за кластеризацією даних. За описаним в розділі 2 алгоритмом, дослідимо кожен фінансовий часовий ряд на персистентність.

Крок 1. Розрахуємо для кожного фінансового часового ряду коефіцієнт Херста.

Крок 2. Згідно даним в розділі 2 , класифікуємо отриманий фінансовий часовий ряд за коефіцієнтом Херста. Переконаємось, що $H > 0.5$, виключимо неперсистентні ряди та нерозглядатимемо їх надалі. Додатково, встановимо правило, що якщо деякий кластер складається лише з 2 елементів, то основною компонентою вважатимемо той елемент, в якого коефіцієнт Херста більший.

Крок 3. Оберемо інструменти для створення інвестиційного портфелю.

Послідовно проведемо кластеризацію для різних критичних рівнів. Запропонуємо використовувати наступні 3 критичних рівня: $k_1 = 0.7$, $k_2 = 0.75$, $k_3 = 0.8$.

Для кожної групи результатів, розрахуємо показник Девіса – Боуелдіна:

$$DB_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_{ij} \quad (3.6)$$

де D_j – коефіцієнт кореляції між головними компонентами при j – тому варіанті зменшення розмірності

Крок 4. Оберемо такий варіант кластеризації, для якого показник Девіса – Боуелдіна досягатиме найменшого значення.

Крок 5. Побудуємо математичну модель портфелю Марковіца для заданого рівня ризику(для прикладу, запропонуємо прийняти рівень ризику рівний 0.1) побудуємо ефективний портфель Марковіца.

Задачу побудови портфелю сформулюємо таким чином:

$$\begin{cases} \sigma_p^2 = d^T V d \rightarrow \min \\ d^T r = r_p \\ d^T e = 1 \end{cases} \quad (3.7)$$

Тоді, рішення такої задачі матиме наступний вигляд:

$$d^* = V^{-1}(r, e) A^{-1} \begin{pmatrix} r_p \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

де

$$A = \begin{pmatrix} r^T \\ e^T \end{pmatrix} V^{-1}(r, e) \quad (3.9)$$

Крок 6. Знайдемо коефіцієнт Шарпа для отриманого ефективного портфелю:

$$S = \frac{E[R - R_f]}{\sigma} \quad (3.10)$$

де R – дохідність активу;

R_f – дохідність від альтернативного безризикового вкладення (запропонуємо, взяти $R_f = 1.63\%$, як дохідність 3 річних державних облігацій Сполучених Штатів Америки)

σ – стандартне відхилення доходності активу

3.3 Опис програмного продукту

В ході роботи було створено програмний продукт на мові програмування VBA. Інтерфейс програмного продукту зображено на рисунку 3.1.

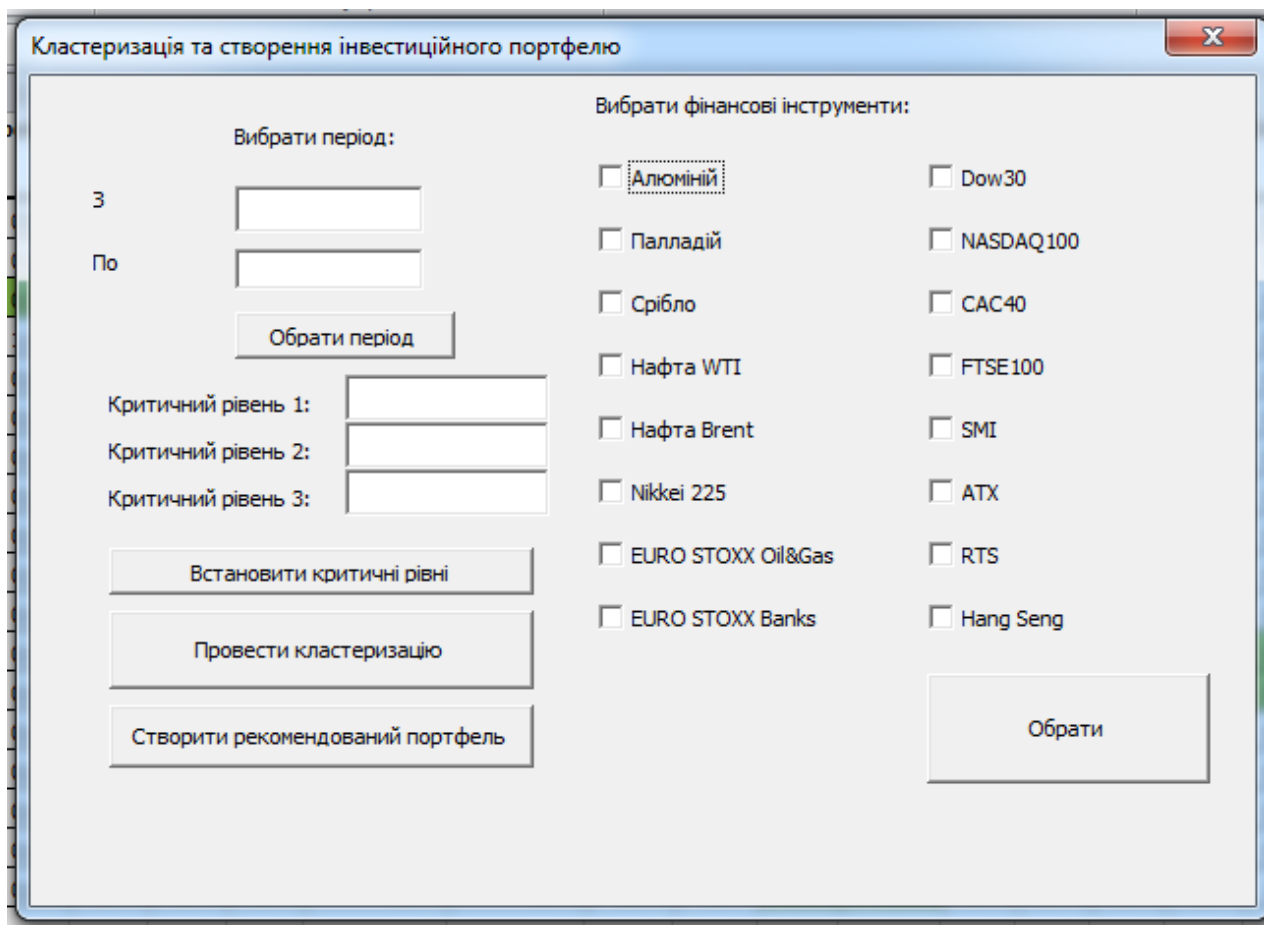


Рисунок 3.1 - Вигляд інтерфейсу програмного продукту

Метою створення програмного продукту було створення зручного для роботи інструменту для побудови кореляційних матриць для заданого інтервалу та відповідно зменшення розмірності задачі і побудови інвестиційного портфелю.

Покажемо результати роботи програмного продукту на прикладі одного часового проміжку на рисунку 3.2.

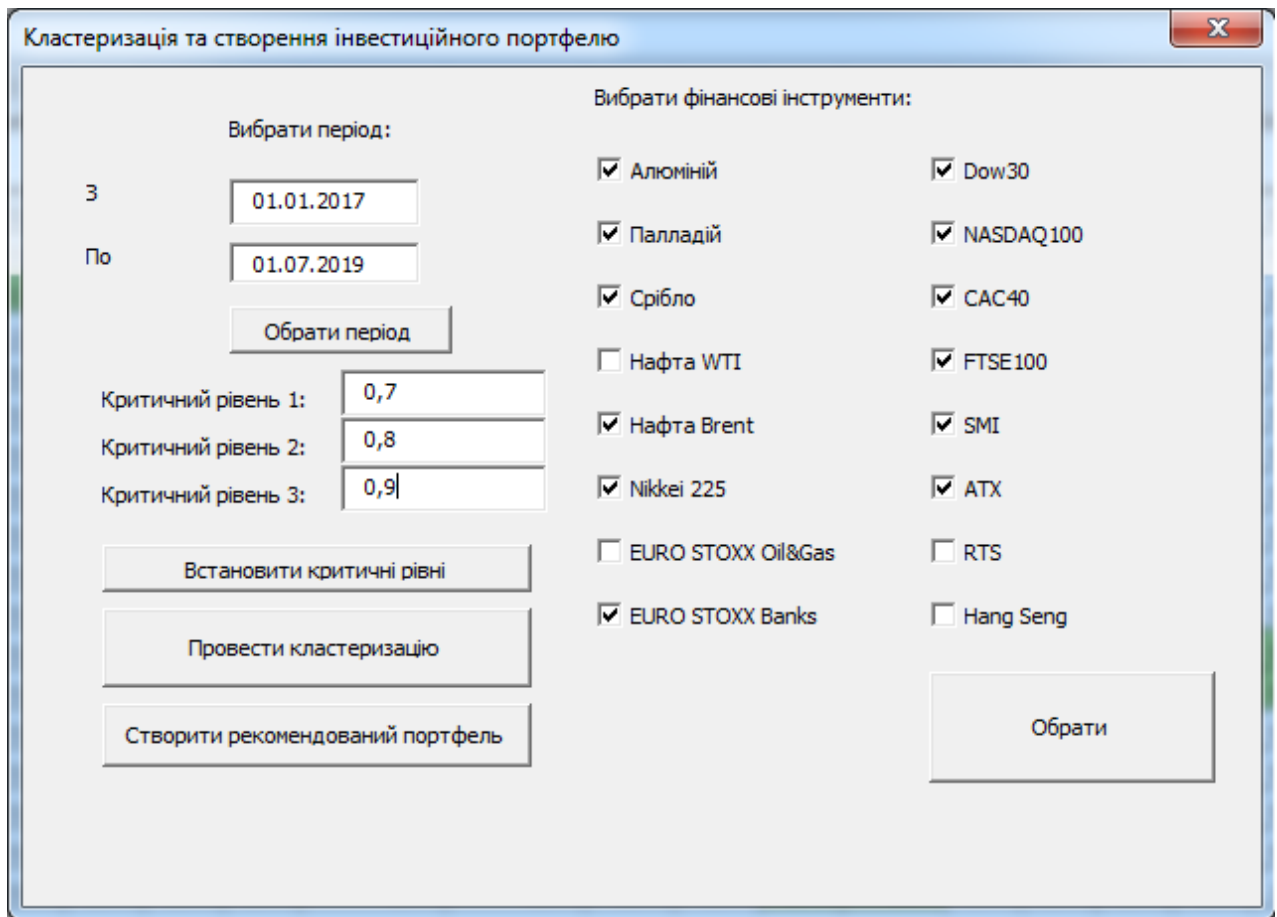


Рисунок 3.2 - Введені вхідні дані

На рисунку 3.3 зображено користувацьке вікно, яке повідомляє про успішний вибір фондових індексів після натискання на кнопку «Обрати».

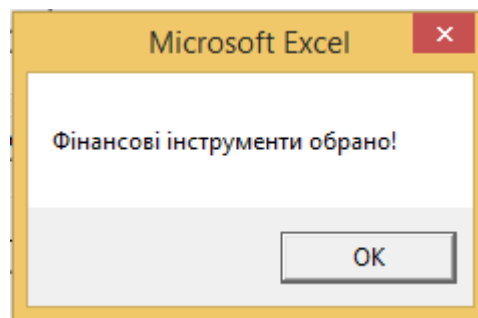


Рисунок 3.3 - Повідомлення про успішний вибір фондових індексів для подальшого аналізу

На рисунку 3.4 проілюстровано яким чином виводяться результати роботи програмного продукту у вкладці «Results».

	Алюміній	Палладій	Платина	Серебро	Золото	Газ	Нефть WTI	Нефть Brent	Nikkei 225	EURO STOXX 600 Oil & Gas	EURO STOXX Banks	Dow 30	Nasdaq 100	CAC 40	FTSE 100	SMI	ATX	RTS	Hang Seng	DAX
Алюміній	1,000	-0,421	0,237	0,122	-0,063	0,166	---	0,430	0,518	---	0,595	0,045	-0,033	0,250	0,422	-0,292	0,808	---	---	---
Палладій	-0,421	1,000	-0,488	-0,289	0,542	-0,404	---	0,258	0,274	---	-0,787	0,775	0,769	0,353	-0,180	0,751	-0,181	---	---	---
Платина	0,237	-0,488	1,000	0,783	0,236	0,000	---	-0,426	-0,322	---	0,693	-0,555	-0,607	-0,065	0,195	-0,250	0,115	---	---	---
Серебро	0,122	-0,289	0,783	1,000	0,499	-0,160	---	-0,460	-0,406	---	0,411	-0,472	-0,025	0,176	-0,147	-0,073	---	---	---	---
Золото	-0,063	0,542	0,236	0,499	1,000	-0,559	---	-0,073	0,027	---	-0,204	0,358	0,352	0,404	0,052	0,541	0,037	---	---	---
Газ	0,166	-0,404	0,000	-0,160	-0,559	1,000	---	-0,120	-0,040	---	0,209	-0,343	-0,409	-0,510	-0,289	-0,509	-0,024	---	---	---
Нефть WTI	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Нефть Brent	0,430	0,258	-0,426	-0,460	-0,073	-0,120	---	1,000	0,810	---	-0,279	0,715	0,699	0,435	0,237	0,124	0,489	---	---	---
Nikkei 225	0,518	0,274	-0,322	-0,406	0,027	-0,040	---	0,810	1,000	---	-0,055	0,752	0,671	0,614	0,402	0,350	0,730	---	---	---
EURO STOXX 600 Oil & Gas	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
EURO STOXX Banks	0,595	-0,787	0,693	0,411	-0,204	0,209	---	-0,279	-0,055	---	1,000	-0,581	-0,648	0,007	0,380	-0,391	0,521	---	---	---
Dow 30	0,045	0,775	-0,555	-0,472	0,358	-0,343	---	0,715	0,752	---	-0,581	1,000	0,969	0,596	0,120	0,663	0,333	---	---	---
Nasdaq 100	-0,033	0,769	-0,607	-0,472	0,352	-0,409	---	0,699	0,671	---	-0,648	0,969	1,000	0,621	0,150	0,660	0,251	---	---	---
CAC 40	0,250	0,353	-0,065	-0,025	0,404	-0,510	---	0,435	0,614	---	0,007	0,596	0,621	1,000	0,732	0,711	0,540	---	---	---
FTSE 100	0,422	-0,180	0,195	0,176	0,052	-0,289	---	0,237	0,402	---	0,380	0,120	0,150	0,732	1,000	0,297	0,523	---	---	---
SMI	-0,292	0,751	-0,250	-0,147	0,541	-0,509	---	0,124	0,350	---	-0,391	0,663	0,660	0,711	0,297	1,000	0,108	---	---	---
ATX	0,808	-0,181	0,113	-0,073	0,037	-0,024	---	0,489	0,730	---	0,521	0,333	0,251	0,540	0,523	0,108	1,000	---	---	---
RTS	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Hang Seng	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
DAX	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Рисунок 3.4 - Отримані результати роботи на листі «Results»

На рисунку 3.5 наведено ілюстрацію виведення даних у іншу вкладку -«Results clusterisation».

		1 кластер	Позакластерні:	Решта
Головна компонента кластеру	N	-	SSE	-
7 EURO50	N	-	ASX200	-
Належність першому кластеру:	N	-	-	BVSP
	Y	CAC40	-	-
	Y	DAX	-	-
	Y	Dow	-	-
	N	EURO50	-	-
	Y	FTSE	-	-
	Y	FTSEMIB	-	-
	Y	IBEX35	-	-
	N	-	-	IPC
	Y	NIFTY50	-	-
	Y	Nikkei	-	-
	N	-	-	RTS
	Y	SMI	-	-
	N	-	-	TX40
Потужність 1 кластеру:	10			

Рисунок 3.5 - Отримані результати роботи на листі «Results clusterization»

Проведемо тепер аналіз елементів, які віднесено до категорії «Решта». Як відбувається подальший аналіз відображено на рисунку 3.6.

				1 кластер	Позакластерні:	Решта
Головна компонента кластеру	N	-	SSE	-		
3 BVSP	N	-	ASX200	-		
Належність першому кластеру:	N	BVSP	-	-		
	N	-	CAC40	-		
	N	-	DAX	-		
	N	-	Dow	-		
	N	-	EURO50	-		
	N	-	FTSE	-		
	N	-	FTSEMIB	-		
	N	-	IBEX35	-		
	N	-	IPC	-		
	N	-	NIFTY50	-		
	N	-	Nikkei	-		
	Y	RTS	-	-		
	N	-	SMI	-		
	N	-	TX40	-		
Потужність 1 кластеру:		2				

Рисунок 3.6 - Наступний етап процедури кластеризації

Отже, маємо два кластери потужністю 10 та 2 елементи з головними компонентами EURO50 та BVSP відповідно та 3 позакластерних елементи.

Розмірність таким чином, зменшили з 12 вхідних елементів до 3.

Роботу програмного продукту продемонстровано.

3.4 Детальний опис застосування запропонованого алгоритму із застосуванням програмного продукту для одного із часових проміжків

Тепер, опишемо функціонування алгоритму на прикладах більш детально.

Застосуємо описаний алгоритм спочатку для часового інтервалу з січня 2019 по березень 2019 року.

Тут і надалі представлятимемо дані, округлені до 3 розрядів після коми. Для зручності представлятимемо інформацію безпосередньо у вигляді знімків з екрану. В рисунку 3.7 представлено кореляційну матрицю

побудовану використовуючи всі зібрані дані, тобто з січня 2019 по березень 2019 року. Для прикладу розглянемо детально лише дані для критичного рівня 0,7.

	Алюм	Палла	Плати	Срібл	Золот	Газ	Нафта	Нафта	Nikkei	EURO	EURO	Dow 3	Nasdaq	CAC 40	FTSE 100	SMI	ATX	RTS	Hang Seng	DAX
Алюміній	1,000	0,374	0,509	-0,077	0,235	-0,201	0,522	0,422	0,449	0,412	0,302	0,468	0,490	0,451	0,307	0,419	0,442	0,671	0,527	0,539
Палладій	0,374	1,000	0,635	-0,379	0,259	-0,388	0,845	0,879	0,833	0,880	0,321	0,865	0,877	0,913	0,849	0,904	0,553	0,620	0,882	0,877
Платина	0,509	0,635	1,000	-0,225	0,212	-0,213	0,652	0,605	0,550	0,553	0,239	0,525	0,631	0,645	0,475	0,529	0,246	0,333	0,548	0,625
Срібло	-0,077	-0,379	-0,225	1,000	0,719	-0,099	-0,474	-0,448	-0,360	-0,345	-0,165	-0,277	-0,438	-0,459	-0,349	-0,452	0,015	-0,087	-0,376	-0,472
Золото	0,235	0,259	0,212	0,719	1,000	-0,531	0,187	0,225	0,248	0,313	-0,072	0,387	0,242	0,227	0,286	0,203	0,394	0,385	0,289	0,147
Газ	-0,201	-0,388	-0,213	-0,099	-0,531	1,000	-0,416	-0,459	-0,419	-0,577	0,215	-0,590	-0,527	-0,549	-0,623	-0,461	-0,431	-0,438	-0,535	-0,380
Нафта WTI	0,522	0,845	0,652	-0,474	0,187	-0,416	1,000	0,976	0,843	0,871	0,213	0,880	0,952	0,932	0,845	0,886	0,536	0,706	0,917	0,903
Нафта Brent	0,422	0,879	0,605	-0,448	0,225	-0,459	0,976	1,000	0,873	0,913	0,239	0,914	0,941	0,942	0,899	0,923	0,574	0,647	0,923	0,899
Nikkei 225	0,449	0,833	0,550	-0,360	0,248	-0,419	0,843	0,873	1,000	0,889	0,521	0,918	0,841	0,875	0,824	0,907	0,763	0,675	0,921	0,902
EURO STOXX 600 Oil & Gas	0,412	0,880	0,553	-0,345	0,313	-0,577	0,871	0,913	0,889	1,000	0,295	0,941	0,921	0,949	0,966	0,924	0,681	0,678	0,928	0,884
EURO STOXX Banks	0,302	0,321	0,239	-0,165	-0,072	0,215	0,213	0,239	0,521	0,295	1,000	0,340	0,154	0,245	0,140	0,378	0,589	0,241	0,317	0,453
Dow 30	0,468	0,865	0,525	-0,277	0,387	-0,590	0,880	0,914	0,918	0,941	0,340	1,000	0,921	0,933	0,913	0,949	0,765	0,763	0,955	0,906
Nasdaq 100	0,490	0,877	0,631	-0,438	0,242	-0,527	0,952	0,941	0,841	0,921	0,154	0,921	1,000	0,961	0,915	0,897	0,560	0,741	0,942	0,892
CAC 40	0,451	0,913	0,645	-0,459	0,227	-0,549	0,932	0,942	0,875	0,949	0,245	0,933	0,961	1,000	0,927	0,953	0,583	0,674	0,952	0,948
FTSE 100	0,307	0,849	0,475	-0,349	0,286	-0,623	0,845	0,899	0,824	0,966	0,140	0,913	0,915	0,927	1,000	0,900	0,603	0,637	0,892	0,829
SMI	0,419	0,904	0,529	-0,452	0,203	-0,461	0,886	0,923	0,907	0,924	0,378	0,949	0,897	0,953	0,900	1,000	0,684	0,671	0,945	0,950
ATX	0,442	0,553	0,246	0,015	0,394	-0,431	0,536	0,574	0,763	0,681	0,589	0,765	0,560	0,583	0,603	0,684	1,000	0,709	0,700	0,668
RTS	0,671	0,620	0,333	-0,087	0,385	-0,438	0,706	0,647	0,675	0,678	0,241	0,763	0,741	0,674	0,637	0,671	0,709	1,000	0,791	0,711
Hang Seng	0,527	0,882	0,548	-0,376	0,289	-0,535	0,917	0,923	0,921	0,928	0,317	0,955	0,942	0,674	0,892	0,945	0,700	0,791	1,000	0,931
DAX	0,539	0,877	0,625	-0,472	0,147	-0,380	0,903	0,899	0,902	0,884	0,453	0,906	0,892	0,948	0,829	0,950	0,668	0,711	0,931	1,000

Рисунок 3.7 – Вигляд кореляційної матриці, побудована за всією зібраною вибіркою в програмному продукті Microsoft Office Excel

На рисунку 3.8 показано розфарбовану згідно запропонованої класифікації комірочки таблиці та подано у більш зручному вигляді.

	Алюм	Палла	Плати	Срібл	Золот	Газ	Нафта	Нафта	Nikkei	EURO	EURO	Dow 3	Nasdaq	CAC 40	FTSE 100	SMI	ATX	RTS	Hang Seng	DAX
Алюміній	1,000	0,374	0,509	-0,077	0,235	-0,201	0,522	0,422	0,449	0,412	0,302	0,468	0,490	0,451	0,307	0,419	0,442	0,671	0,527	0,539
Палладій	0,374	1,000	0,635	-0,379	0,259	-0,388	0,845	0,879	0,833	0,880	0,321	0,865	0,877	0,913	0,849	0,904	0,553	0,620	0,882	0,877
Платина	0,509	0,635	1,000	-0,225	0,212	-0,213	0,652	0,605	0,550	0,553	0,239	0,525	0,631	0,645	0,475	0,529	0,246	0,333	0,548	0,625
Срібло	-0,077	-0,379	-0,225	1,000	0,719	-0,099	-0,474	-0,448	-0,360	-0,345	-0,165	-0,277	-0,438	-0,459	-0,349	-0,452	0,015	-0,087	-0,376	-0,472
Золото	0,235	0,259	0,212	0,719	1,000	-0,531	0,187	0,225	0,248	0,313	-0,072	0,387	0,242	0,227	0,286	0,203	0,394	0,385	0,289	0,147
Газ	-0,201	-0,388	-0,213	-0,099	-0,531	1,000	-0,416	-0,459	-0,419	-0,577	0,215	-0,590	-0,527	-0,549	-0,623	-0,461	-0,431	-0,438	-0,535	-0,380
Нафта WTI	0,522	0,845	0,652	-0,474	0,187	-0,416	1,000	0,976	0,843	0,871	0,213	0,880	0,952	0,932	0,845	0,886	0,536	0,706	0,917	0,903
Нафта Brent	0,422	0,879	0,605	-0,448	0,225	-0,459	0,976	1,000	0,873	0,913	0,239	0,914	0,941	0,942	0,899	0,923	0,574	0,647	0,923	0,899
Nikkei 225	0,449	0,833	0,550	-0,360	0,248	-0,419	0,843	0,873	1,000	0,889	0,521	0,918	0,841	0,875	0,824	0,907	0,763	0,675	0,921	0,902
EURO STOXX 600 Oil & Gas	0,412	0,880	0,553	-0,345	0,313	-0,577	0,871	0,913	0,889	1,000	0,295	0,941	0,921	0,949	0,966	0,924	0,681	0,678	0,928	0,884
EURO STOXX Banks	0,302	0,321	0,239	-0,165	-0,072	0,215	0,213	0,239	0,521	0,295	1,000	0,340	0,154	0,245	0,140	0,378	0,589	0,241	0,317	0,453
Dow 30	0,468	0,865	0,525	-0,277	0,387	-0,590	0,880	0,914	0,918	0,941	0,340	1,000	0,921	0,933	0,913	0,949	0,765	0,763	0,955	0,906
Nasdaq 100	0,490	0,877	0,631	-0,438	0,242	-0,527	0,952	0,941	0,841	0,921	0,154	0,921	1,000	0,961	0,915	0,897	0,560	0,741	0,942	0,892
CAC 40	0,451	0,913	0,645	-0,459	0,227	-0,549	0,932	0,942	0,875	0,949	0,245	0,933	0,961	1,000	0,927	0,953	0,583	0,674	0,952	0,948
FTSE 100	0,307	0,849	0,475	-0,349	0,286	-0,623	0,845	0,899	0,824	0,966	0,140	0,913	0,915	0,927	1,000	0,900	0,603	0,637	0,892	0,829
SMI	0,419	0,904	0,529	-0,452	0,203	-0,461	0,886	0,923	0,907	0,924	0,378	0,949	0,897	0,953	0,900	1,000	0,684	0,671	0,945	0,950
ATX	0,442	0,553	0,246	0,015	0,394	-0,431	0,536	0,574	0,763	0,681	0,589	0,765	0,560	0,583	0,603	0,684	1,000	0,709	0,700	0,668
RTS	0,671	0,620	0,333	-0,087	0,385	-0,438	0,706	0,647	0,675	0,678	0,241	0,763	0,741	0,674	0,637	0,671	0,709	1,000	0,791	0,711
Hang Seng	0,527	0,882	0,548	-0,376	0,289	-0,535	0,917	0,923	0,921	0,928	0,317	0,955	0,942	0,674	0,892	0,945	0,700	0,791	1,000	0,931
DAX	0,539	0,877	0,625	-0,472	0,147	-0,380	0,903	0,899	0,902	0,884	0,453	0,906	0,892	0,948	0,829	0,950	0,668	0,711	0,931	1,000

Рисунок 3.8 – Вигляд матриці після розфарбовування згідно класифікації

Побудуємо матрицю за правилом, вказаним в кроці 3 та покажемо її вигляд в Microsoft Office Excel на рисунку 3.9.

	Алюм	Палла	Плати	Срібло	Золото	Газ	Нафта	Нафта	Nikkei	EURO	EURO	Dow 30	Nasdaq	CAC 40	FTSE 100	SMI	ATX	RTS	Hang Seng	DAX
Алюміній	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Палладій	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,845	0,879	0,833	0,880	0,000	0,865	0,877	0,913	0,849	0,904	0,000	0,000	0,882	0,877
Платина	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Срібло	0,000	0,000	0,000	1,000	0,719	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Золото	0,000	0,000	0,000	0,719	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Газ	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Нафта WTI	0,000	0,845	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,976	0,843	0,871	0,000	0,880	0,952	0,932	0,845	0,886	0,000	0,706	0,917	0,903
Нафта Brent	0,000	0,879	0,000	0,000	0,000	0,000	0,976	1,000	0,873	0,913	0,000	0,914	0,941	0,942	0,899	0,923	0,000	0,000	0,923	0,899
Nikkei 225	0,000	0,833	0,000	0,000	0,000	0,000	0,843	0,873	1,000	0,889	0,000	0,918	0,841	0,875	0,824	0,907	0,763	0,000	0,921	0,902
EURO STOXX 600 Oil & Gas	0,000	0,880	0,000	0,000	0,000	0,000	0,871	0,913	0,889	1,000	0,000	0,941	0,921	0,949	0,966	0,924	0,000	0,000	0,928	0,884
EURO STOXX Banks	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Dow 30	0,000	0,865	0,000	0,000	0,000	0,000	0,880	0,914	0,918	0,941	0,000	1,000	0,921	0,933	0,913	0,949	0,765	0,763	0,955	0,906
Nasdaq 100	0,000	0,877	0,000	0,000	0,000	0,000	0,952	0,941	0,841	0,921	0,000	0,921	1,000	0,961	0,915	0,897	0,000	0,741	0,942	0,892
CAC 40	0,000	0,913	0,000	0,000	0,000	0,000	0,932	0,942	0,875	0,949	0,000	0,933	0,961	1,000	0,927	0,953	0,000	0,000	0,952	0,948
FTSE 100	0,000	0,849	0,000	0,000	0,000	0,000	0,845	0,899	0,824	0,966	0,000	0,913	0,915	0,927	1,000	0,900	0,000	0,000	0,892	0,829
SMI	0,000	0,904	0,000	0,000	0,000	0,000	0,886	0,923	0,907	0,924	0,000	0,949	0,897	0,953	0,900	1,000	0,000	0,000	0,945	0,950
ATX	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,763	0,000	0,000	0,000	0,765	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,709	0,000	0,000
RTS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,706	0,000	0,000	0,000	0,000	0,763	0,741	0,000	0,000	0,000	0,709	1,000	0,791	0,711
Hang Seng	0,000	0,882	0,000	0,000	0,000	0,000	0,917	0,923	0,921	0,928	0,000	0,955	0,942	0,000	0,892	0,945	0,000	0,791	1,000	0,931
DAX	0,000	0,877	0,000	0,000	0,000	0,000	0,903	0,899	0,902	0,884	0,000	0,906	0,892	0,948	0,829	0,950	0,000	0,711	0,931	1,000

Рисунок 3.9 – Матриця після занулення значень, що менше критичного рівня

Отже, згідно нової матриці виділимо головною компонентою ф'ючерс фондового індексу Dow.

Тоді другорядними елементами першого кластеру отримаємо: Палладій, нафта WTI, нафта Brent, Nikkei 225, Nasdaq 100, CAC 40, FTSE 100, SMI, ATX, RTS, Hang Seng, DAX.

Позакластерним елементом на цьому кроці виділяємо ф'ючерси алюмінію, платини, газу, EURO STOXX Banks.

Далі будуємо нову матрицю з елементів, що залишились: золото та срібло. Побудовану матрицю наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Проміжна матриця кореляції

	Срібло	Золото
Срібло	1	0,719
Золото	0,719	1

Головною компонентою виділимо ф'ючерс срібла, згідно з правилом, описаним на кроці 7.

Отже, маємо 4 позакластерних елементи: алюмінію, платини, газу, EURO STOXX Banks; та два кластери:

1. Головна компонента: Dow. Другорядні елементи: Палладій, нафта WTI, нафта Brent, Nikkei 225, Nasdaq 100, CAC 40, FTSE 100, SMI, ATX, RTS, Hang Seng, DAX.
2. Головна компонента: срібло. Другорядний елемент: золото.

Підсумовуючи, розмірність було зменшено з 20 до 6 елементів.

Також, отримаємо розрахунок показників Херста для отриманих часових рядів, згідно з формулами описаними в розділі 1.3 цієї роботи. Через вказані в розділі 1.3 особливості застосування показника Херста(можливі некоректні результати на коротких часових рядах), проведемо розрахунок лише на всьому часовому проміжку. Отримаємо наступні результати, представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Отримані результати розрахунків показників Херста

Фінансовий інструмент	Коефіцієнт Херста
Палладій	0,8066
FTSE 100	0,8059
CAC 40	0,8034
Нафта Brent	0,8009
EURO STOXX 600 Oil & Gas	0,7994
SMI	0,7935
Dow 30	0,7892
DAX	0,7857
Нафта WTI	0,7850
Nasdaq 100	0,7849
Hang Seng	0,7805
Nikkei 225	0,7781
Платина	0,7710
Срібло	0,7576
Золото	0,7568
Газ	0,7549
ATX	0,7511
RTS	0,7344
EURO STOXX Banks	0,6707
Алюміній	0,6329

З отриманих результатів, згідно класифікації показників Херста, можна зробити висновок про персистенстність всіх часових рядів. Для

описаного вище прикладу, згідно описаного в розділі 3.1 алгоритму, жоден з фінансових інструментів не слід вилучати жоден фінансовий інструмент.

Далі, на основі результатів трьох процедур кластеризації, створимо таблицю головних компонент для кожного критичного рівня. Узагальнені дані подані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Узагальнення результатів кластеризації

Критичний рівень	Список головних компонент
0,7	Алюміній, платина, газ, EURO STOXX Banks, Dow 30, срібло
0,8	Алюміній, платина, срібло, золото, газ, EURO STOXX Banks, ATX, RTS, CAC 40
0,9	Алюміній, платина, срібло, золото, газ, EURO STOXX Banks, ATX, RTS, CAC 40

Тепер, для кожного варіанту розрахуємо показник Девіса – Боуелдіна:

$$DB_1 = 0,249$$

$$DB_2 = 1,274$$

$$DB_3 = 1,274$$

Отже, за отриманими результатами, далі використаємо результати кластеризації при $k = 0.7$, тобто до пропонованого інвестиційного портфелю включимо елементи: алюміній, платина, газ, EURO STOXX Banks, Dow 30, срібло. Тоді, за допомогою методу Марковіца, визначимо в якій пропорції елементи повинні входити до інвестиційного портфелю.

За вихідними даними розробленого програмного забезпечення, згідно теорії Марковіца, маємо розподілення, показане на рисунку 3.10

	Доля для рекомендованого портфелю
Алюміній	24,14%
Платина	0,00%
Срібло	0,00%
Газ	0,00%
EURO STOXX Banks	42,03%
Dow 30	33,82%

Рисунок 3.10 Підсумки використання методу Марковіца

Далі, обчислимо коефіцієнт Шарпа:

$$S = \frac{14.34\% - 1.68\%}{6.4\%} = 1.9781 \quad (3.10)$$

Отже, застосування запропонованого алгоритму завершено.

3.5 Динаміка зміни залежностей між фінансовими інструментами. Спостереження макроекономічних тенденцій.

Проаналізуємо зміну кореляцій між фондовими індексами на часовому інтервалі з 2017 по 3 квартал 2019 року.

Наприклад, розглянемо всесвітньо відомий фондовий індекс Dow Jones Сполучених Штатів Америки.

За допомогою засобів Microsoft Office Excel, переглянемо динаміку залежності Dow Jones з 1 кварталу 2017 по 3 квартал 2019 рік з усіма іншими розглянутими фондовими індексами. Зображення екрану з результатами відображені на рисунку 3.11.

Y	M	инстр	Г	Алюми	Палла	Плат	Сере	Золо	Газ	Нефть	Нефть	Nikkei	EURO	EURO	Dow	Nasdaq	CAC	FTSE	SMI	ATX	RTS	Hang S	DAI
2017	1	Dow 30		0,747	0,401	-0,078	0,547	0,548	-0,784	-0,342	-0,413	0,388	-0,595	0,067	1,000	0,929	0,649	0,853	0,925	0,903	-0,753	0,783	0,835
2017	2	Dow 30		-0,485	0,777	-0,605	-0,648	-0,338	-0,670	-0,858	-0,873	0,891	-0,714	0,551	1,000	0,840	0,549	0,639	0,703	0,824	-0,784	0,889	0,797
2017	3	Dow 30		0,770	0,706	0,365	0,618	0,717	-0,111	0,868	0,916	0,118	0,743	0,087	1,000	0,702	0,419	-0,110	0,664	0,899	0,831	0,843	0,137
2017	4	Dow 30		-0,184	0,822	-0,414	-0,671	-0,329	-0,496	0,804	0,804	0,793	0,219	-0,440	1,000	0,840	-0,067	0,084	0,543	0,212	0,054	0,530	0,132
2018	1	Dow 30		0,695	0,738	0,750	0,593	0,213	0,771	0,357	0,392	0,783	0,790	0,844	1,000	0,588	0,875	0,795	0,803	0,856	0,512	0,762	0,822
2018	2	Dow 30		0,329	0,752	-0,072	0,156	-0,213	0,538	-0,047	0,493	0,631	0,569	-0,349	1,000	0,727	0,517	0,640	0,061	0,085	0,196	0,468	0,650
2018	3	Dow 30		-0,311	0,694	-0,417	-0,841	-0,714	0,511	-0,061	0,560	0,800	0,016	-0,408	1,000	0,834	0,112	-0,559	0,451	0,333	-0,289	-0,497	-0,441
2018	4	Dow 30		0,788	-0,681	0,530	-0,368	-0,756	-0,201	0,761	0,761	0,914	0,887	0,925	1,000	0,952	0,914	0,881	0,816	0,921	0,791	0,358	0,906
2019	1	Dow 30		0,468	0,865	0,525	-0,277	0,387	-0,590	0,880	0,914	0,918	0,941	0,340	1,000	0,921	0,933	0,913	0,949	0,765	0,763	0,955	0,906
2019	2	Dow 30		0,272	0,617	0,456	0,713	0,324	-0,236	0,330	0,180	0,631	0,588	0,411	1,000	0,909	0,935	0,823	0,312	0,575	0,209	0,650	0,687
2019	3	Dow 30		0,713	0,699	0,141	-0,268	-0,555	0,566	0,560	0,746	0,858	0,858	0,897	1,000	0,945	0,898	0,809	0,754	0,862	0,870	0,716	0,904

Рисунок 3.11 - Виведення на екран динаміки зміни залежностей з індексом Dow Jones

Побудуємо графік зміни залежності Dow Jones із ф'ючерсом на нафту Brent, який, як видно з рисунку 3.11 має найбільші залежності з Dow Jones. Побудований графік зображено на рисунках 3.12 – 3.13.

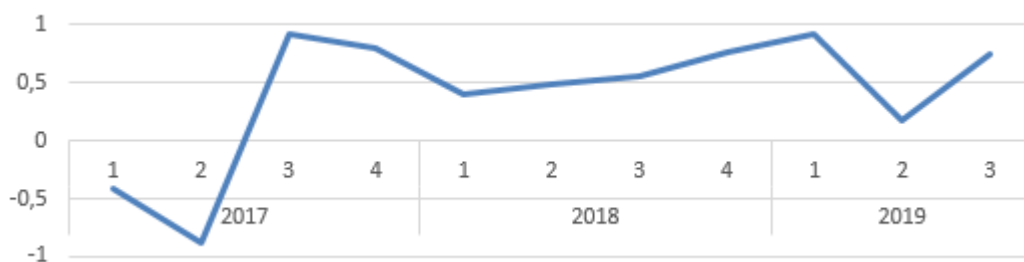


Рисунок 3.12 - Графік зміни залежності між Dow і Brent

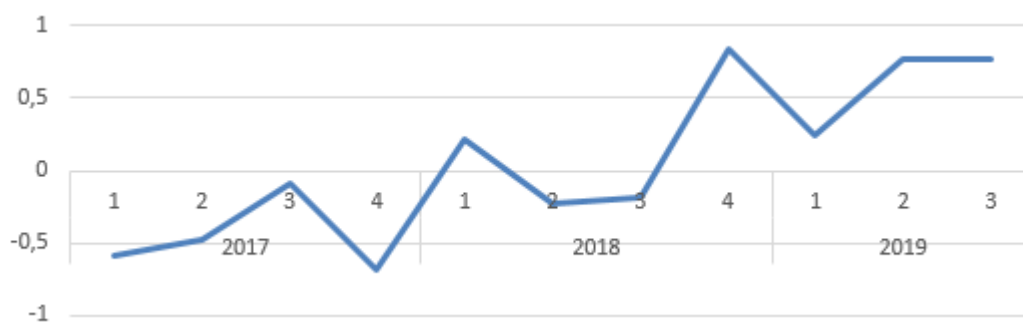


Рисунок 3.13 - Графік зміни залежностей Brent і EURO STOXX Banks

3.7 Висновки за розділом 3

Отже, було побудовано універсальний формалізований алгоритм, що дозволяє проводити процедуру виділення головних компонент із деякого набору фінансових інструментів та створено алгоритм підбору інструментів для інвестиційного портфелю.

Було застосовано формалізований алгоритм, побудований в розділі 3 до підготовлених даних щодо значень цін на ф'ючерси. Спочатку було розглянуто весь часовий інтервал, а потім – проміжки довжиною 1 квартал.

Також, було запропоновано алгоритм для подальшого практичного застосування отриманих результатів кластеризації для побудови ефективного інвестиційного портфелю.

Для реалізації розроблених формалізованих алгоритмів було створено програмний продукт на мові програмування VBA.

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити деякі висновки щодо макроекономічного стану глобального фінансового ринку, наприклад, про незалежність банківського сектору Європи від сировинних ринків, різну динаміку для ринків цінних металів, фондових індексів та сировинних ринків.

Перевагою запропонованого алгоритму є висока адаптивність, багатofакторність, можливість роботи з будь – якими фінансовими інструментами без обмежень, можливість порівняти результати для різних налаштувань особою, що приймає рішення щодо створення інвестиційного портфелю.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ З ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ВИОКРЕМЛЕННЯ КЛАСТЕРІВ ФІНАНСОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ З ДЕЯКОГО НАБОРУ ТА СТВОРЕННЯ РЕКОМЕНДОВАНОГО ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЮ

4.1 Опис ідеї проекту

В рамках створення стартап проекту, пропонується створити програмний продукт, що за допомогою кореляційного аналізу та створеного в ході роботи алгоритму проводитиме кластеризацію фінансових інструментів, виділення головних компонент, та на основі цієї інформації сповіщатиме про зміни тренду фінансових часових рядів, що відповідають цінам на деякий актив, контракт або значенням фондових індексів тощо. Такий програмний продукт буде корисний при створенні інвестиційного портфелю, відкритті «довгої» або «короткої» позиції в трейдингу, для фінансових аналітиків інвестиційних установ та банків, працівників консалтингових агенств, що проводять фундаментальний аналіз глобальних або локальних фондових ринків тощо.

Більш детальну інформацію про проект наведено в інформаційній карті проекту, в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап проекту.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виявлення залежних фінансових інструментів та проведення кластеризації, зменшення розмірності даних	1. При створенні інвестиційного портфелю	Можливість за даними про будь які фінансові інструменти скласти збалансований інвестиційний портфель та вчасно отримувати дані щодо зміни глобальних трендів фінансових показників
	2. Хеджування ризиків	Отримання даних, що унеможливають помилки при хеджуванні ризиків
	3. При статистичному онлайн - арбітражі	Алгоритм зі зменшення розмірності дозволяє значно скоротити часові витрати на перегляд портфелю для проведення статистичного арбітражу в певний момент часу, робить можливим робити більш глибокий аналіз без збільшення обчислювальних потужностей

Продовження таблиці 4.1

Надання інформації про зміну тренду певного інструменту	1. При створенні інвестиційного портфелю	Можливість за даними про будь які фінансові інструменти скласти збалансований інвестиційний портфель та вчасно отримувати дані щодо зміни глобальних трендів фінансових показників
	2. Хеджування ризиків	Отримання даних, що унеможливають помилки при хеджуванні ризиків
	3. При статистичному арбітражі	Алгоритм зі зменшення розмірності дозволяє значно скоротити часові витрати на перегляд портфелю для проведення статистичного арбітражу в певний момент часу, робить можливим робити більш глибокий аналіз без збільшення обчислювальних потужностей

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведемо аналіз для обрання технології для реалізації проекту. Дані узагальнено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Технологічний аудит ідеї проекту.

№	Ідея проекту	Технологія реалізації	Наявність	Доступність
1	Інтеграція з однією з онлайн бірж	Отримання даних за допомогою GET запитів через підключення до API	Технологія наявна	В залежності від обраної онлайн - біржі
2	Створення desktop додатку	Створення універсального програмного продукту з можливістю завантаження даних з будь яких джерел та будь якої розмірності, без прив'язки до онлайн джерела	Технологія наявна	Технологія загальнодоступна
Обрана технологія: Обрано другий варіант реалізації.				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Характеристика потенційного ринку стартап-проекту наведена у таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	10
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1 000 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Швидкість обробки інформації, точність обчислень, робота у високонавантаженому середовищі та в умовах захисту персональних даних
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	В залежності від потреб клієнта
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту наведена в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Необхідність швидкої та точної автоматичної обробки фінансових часових рядів	Трейдери, компанії що спеціалізуються на аналізі фінансових ринків, інвестиційні банки	Трейдери орієнтовані на онлайн інструменти, вимагають насамперед швидкодії програмного забезпечення та, як правило, виключно технічний аналіз, інші категорії застосовують і фундаментальний аналіз та не мають постійної потреби відстежувати показники в реальному часі	Висока точність прогнозування, висока швидкість обробки даних та прийняття рішень

Продовження таблиці 4.5

2	Визначення точки зміну тренду фінансового часового ряду	Трейдери, компанії що спеціалізуються на аналізі фінансових ринків, інвестиційні банки	Трейдери орієнтовані на онлайн інструменти, вимагають насамперед швидкодії програмного забезпечення та, як правило, виключно технічний аналіз, інші категорії застосовують і фундаментальний аналіз та не мають постійної потреби відстежувати показники в реальному часі	Висока точність прогнозування, висока швидкість обробки даних та прийняття рішень
3	Хеджування ризиків при створенні інвестиційного портфелю	Інвестиційні банки або інші установи		Висока точність прогнозування, висока швидкість обробки даних.

Можливі загрози для стартап-проекту наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.1 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Відсутність інтеграції з онлайн біржами через API	Наданий інструмент застосовний лише для проведення фундаментального аналізу аналітиками та не підходить для інтеграції з програмними продуктами для трейдингу та арбітражу	Розглянути можливість додати інтеграцію з різними сервісами отримання даних

Фактори можливостей наведені у таблиці 4.7.

Таблиця 4.2 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Створення інструменту для зменшення розмірності даних	Виділення головних компонент серед обраних фінансових інструментів	Налаштування програмного рішення під конкретну задачу замовника
2	Створення електронного порадики для фінансового аналітика	Отримання сповіщення про зміни ренду та/або зміну головної компоненти певного кластера, появу нового елементу в кластері	Налаштування програмного рішення.

Проведений ступеневий аналіз конкуренції на ринку зображено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.3 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Гравці ринку не мають явних переваг один над одним	Більш вигідні умови, агресивний маркетинг
2. Регіональна конкуренція	Гравці ринку – інтернаціональні підприємства та українські підприємства.	За рахунок локального менеджменту, процес прийняття рішень є більш гнучким.
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Гравці ринку знаходяться в одній галузі – розробці ПЗ	
4. Товарно-видова конкуренція	Усі продукти гравців ринку мають різне призначення, але виконують схожі функції.	Розробка найбільш простого з точки зору інтеграції продукту.
5. Конкурентні переваги нецінові	Продукти відрізняються гнучкістю, призначенням та ліцензійною політикою.	Підхід демо-версій; у маркетингу наголошувати на тому, що рішення буде зроблене «під ключ»
6. Марочна конкуренція	Значна увага приділяється бренду, що розробив продукт	Партнерство, маркетинг.

Таблиця 4.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Універсальність	Продукт можна використовувати для різних фінансових інструментів
2	Простота використання	Продукт простий та зрозумілий у використанні
3	Ціна	Оскільки продукт не потребує кастомізації, ціна може бути значно нижча, ніж у прямих конкурентів.

SWOT-аналіз проекту наведено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.10 - SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Ціна, гнучкість, інтеграція	Слабкі сторони: відсутність середовища розробки власних моделей
Можливості: Рішення «під ключ»	Загрози: Неточність розпізнавання, відсутність попиту

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Опис та вибір цільових груп потенційних клієнтів зображено в таблиці 4.11

Таблиця 4.11 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Інвестиційні банки	Висока готовність. Установи, для яких важливо якісно проводити фундаментальний аналіз ринків постійно потребують нових аналітичних підходів	Середній попит	Середня	Вхід в сегмент дуже складний
2	Інші інвестиційні установи та фонди	Висока готовність. Установи, для яких важливо якісно проводити фундаментальний аналіз ринків постійно потребують нових аналітичних підходів	Середній попит	Середня	Вхід в сегмент середній
3	Трейдери фондових та валютних ринків	Низька. Трейдери надають перевагу онлайн інструментам з можливістю інтеграції.	Дуже високий попит	Висока	Вхід в сегмент простий
4	Консалтингові агентства	Висока готовність. Установи, для яких важливо якісно проводити фундаментальний аналіз ринків постійно потребують нових аналітичних підходів	Середній попит	Висока	Вхід в сегмент середній
Які цільові групи обрано: 1,2,4					

В таблиці 4.12 зображено вибір базової стратегії розвитку.

Таблиця 4.12 - Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспро можні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Розробка та створення додаткових функціональних модулів (розробка середовища побудови власних моделей)	Таргетні пропозиції бізнесу, проведення презентації функціональних рішень на конференціях	Наявність середовища розробки моделей у конкурентних продуктів	Розробка та удосконалення існуючих модулів на основі потреб ринку та інформації від клієнтів

В таблиці 4.13 наведено визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

Таблиця 4.13 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Ні	Можливі обидва варіанти	Ні	Новий підхід до аналізу фінансових ринків, універсальність використання для різних інструментів

В таблиці 4.14 наведено визначення стратегії позиціонування.

Таблиця 4.14 - Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока якість прогнозування в клієнтській сфері застосування, надійність, безпека використання, ціна	Розробка та удосконалення існуючих модулів на основі потреб ринку та інформації від клієнтів	Інтеграція з іншими системами, легкість впровадження, автономність	Кластеризація; виділення головних компонент, сповіщення про зміну тренду

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

В таблиці 4.15 представлені ключові переваги концепції потенційного товару.

Таблиця 4.15 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Нові підходи в фінансовій аналітиці	Алгоритм для аналізу фінансових ринків	Простота та універсальність для різних інструментів
2	Фінансові ресурси	Зменшення витрат на збільшення обчислювальних потужностей	Забезпечує більш ефективне використання обчислювальних потужностей
3	Людські ресурси	Звільнення людських ресурсів від рутинних завдань	Забезпечує звільнення ключових аналітиків від рутинних завдань та їх концентрація на фундаментальному аналізі

Формування системи збуту зображено в таблиці 4.16.

Таблиця 4.16 - Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Таргетні пропозиції для компаній	Презентації функціоналу, пілотні проекти	-	Прямі продажі

Концепція маркетингових комунікацій відображена у таблиці 4.22.

Таблиця 4.22 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	
1	Інвестиційні банки	Прямі комунікації	Інструмент для фундаментального аналізу	Донести інформацію про ефективність запропонованого алгоритму	
2	Інші інвестиційні установи та фонди	Прямі комунікації	Інструмент для фундаментального аналізу	Донести інформацію про ефективність запропонованого алгоритму	Інструмент для фундаментального аналізу
3	Консалтингові агентства	Прямі комунікації	Інструмент для фундаментального аналізу	Донести інформацію про ефективність запропонованого алгоритму	Інструмент для фундаментального аналізу

4.6 Висновки до розділу 4

Отже, за результатами проведеного дослідження ринку фінансового аналітичного ПЗ, можна стверджувати про наявність попиту на запропоновану систему на ринку фінансово-аналітичних установ, а саме в інвестиційних банках, в учасників фондових ринків, трейдерів,

інвестиційних фондів, консалтингових агенствах середніх за розміром банках з іноземним капіталом, а також, кредитних бюро/кафе. Слід зауважити, що конкуренція на ринку фінансового аналітичного ПЗ є високою, тому не дивлячись на іноваційність та зручність впровадження продукту, необхідний фокус на побудові ефективного маркетингу та відділу продажів. Відповідно до сегментації ринку, було розроблено стратегії внутрішньоринкової комунікації та піар-кампанії окремо для кожного сегменту. За умови наявності початкового фінансування, продукт є потенційно конкурентоспроможним на ринку.

ВИСНОВКИ

Отже, основною задачею аналізу фінансових часових рядів є аналіз стану ринку в певний момент часу та їх прогнозування. Сучасні методи прогнозування фінансових часових рядів включають експертні методи прогнозування, методи логічного моделювання, економіко-математичні методи, статистичні методи, технічний аналіз, фундаментальний аналіз. Одним із важливих інструментів аналізу фінансових часових рядів є R/S аналіз - визначення рівня стохастичності фінансових рядів за допомогою так званого показника Херста.

Основною особливістю аналізу значень фондових індексів як фінансових часових рядів є проблема побудова адекватної моделі, різноманітність природи факторів, що можуть впливати на динаміку часового ряду.

Розглянуто проблематику аналізу фінансових ринків, описано методи формування фондових індексів, підготовлено дані, необхідні для вирішення даної задачі, запропоновано алгоритм кластеризації та виділення головних компонент як інструмент глобального фондового ринку, досліджено всі розглянуті фінансові часові ряди на трендостійкість.

Було застосовано формалізований алгоритм, побудований в розділі 3 до підготовлених даних щодо значень фондових індексів. Спочатку було розглянуто весь часовий інтервал, а потім – проміжки довжиною 1 рік.

Проаналізувавши отримані результати, можна сказати, що серед розглянутих фонових індексів відсутні на всьому інтервалі часу фондові індекси, що постійно мають значний вплив на фондовий ринок. Було побудовано універсальний формалізований алгоритм, що дозволяє проводити процедуру виділення головних компонент із деякого набору фінансових інструментів та створено алгоритм підбору інструментів для інвестиційного портфелю.

Було застосовано формалізований алгоритм, побудований в розділі 3 до підготовлених даних щодо значень цін на ф'ючерси. Спочатку було розглянуто весь часовий інтервал, а потім – проміжки довжиною 1 квартал.

Також, було запропоновано алгоритм для подальшого практичного застосування отриманих результатів кластеризації для побудови ефективного інвестиційного портфелю.

Для реалізації розроблених формалізованих алгоритмів було створено програмний продукт на мові програмування VBA.

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити деякі висновки щодо макроекономічного стану глобального фінансового ринку, наприклад, про незалежність банківського сектору Європи від сировинних ринків, різну динаміку для ринків цінних металів, фондових індексів та сировинних ринків.

Перевагою запропонованого алгоритму є висока адаптивність, багатофакторність, можливість роботи з будь – якими фінансовими інструментами без обмежень, можливість порівняти результати для різних налаштувань особою, що приймає рішення щодо створення інвестиційного портфелю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва : Наука, 1969. 315 с.
2. Rüchardt K., Vogt B.. Comparison of the stock price clustering of stocks which are traded in the US and Germany - Is XETRA more efficient than the NYSE? Magdeburg : Otto-von-Guericke-University, 2009. 22 p.
3. Андриенко В.А. Оценка влияния макроэкономических показателей на динамику фондового индекса ПФТС. *Соціально-економічні проблеми і держава*. 2013. № 8. С. 31–43.
4. Демин А. В., Витяев Е. Е. Финансовые временные ряды: прогнозирование и распознавание нарушений динамики. Новосибирск : Знания-Онтологии-Теории, 2009. 8 с.
5. Vodotyka S.V. Using Monte-Carlo Simulation For Estimation Of Coefficients of Calibration Dependencies. Kharkiv : Kharkov National University of Radioelectronics, 2010. 84 p.
6. Buriak A.A., Lyeonov S., Vasylieva T. Systemically important domestic banks: an indicator-based measurement approach for the ukrainian banking system. *Prague Economic Papers*. 2015. №6. P. 715-728.
7. Бідюк П.І., Романенко В.Д., Тимощук О.Л. Аналіз часових рядів : навчальний посібник. Київ : Політехніка, 2010. 317 с.
8. Прудский М.В. Фрактальный анализ финансовых рынков. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2012. 23 с.
9. Miguel A.C. Review of Dimension Reduction Techniques. Carreira-Perpinan. Sheffield : Dept. of Computer Science University of Sheffield, 1997. 69 p.
10. Биченова Н. Н. Вычисление показателя херста для динамики стоимости компании. *Automated control systems*. 2015. №19. С. 42-45.

11. Репова М.Л. Эконометрика. Архангельск : Архангельский государственный технический университет, 2010. 32 с.
12. Найман Э.В. Расчет показателя Херста с целью выявления трендовости (персистентности) финансовых рынков и макроэкономических показателей. Москва: Сокол, 2010. 24 с.
13. Мерфи Д.Д. Технический анализ фьючерсных рынков : Теория и практика. Москва: Сокол, 1996. 479с.
14. Кияниц А.С. Фундаментальный анализ финансовых рынков. Санкт-Петербург : Питер, 2005. 288 с.
15. Брэдли Э., Тьюлз Р., Тьюлз Т. Фондовый рынок. - Москва : Инфра-М, 2001. 648 с.
16. Markowitz H. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. 1952. №1. P. 77-91
17. The Wall Street Journal market data. URL: <http://quotes.wsj.com> . (дата звернения: 01.10.2019).
18. Investing.com – Fusion Media. URL: <https://ru.investing.com> . (дата звернения: 01.10.2019).
19. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com> . (дата звернения: 01.10.2019).

ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

```
Private Sub CommandButton2_Click()
    TextBox1.Text = ComboBox1.ListIndex
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()
    If CheckBox1.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A5").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A5").Value = "0"
    If CheckBox2.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A6").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A6").Value = "0"
    If CheckBox3.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A7").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A7").Value = "0"
    If CheckBox4.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A8").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A8").Value = "0"
    If CheckBox5.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A9").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A9").Value = "0"
    If CheckBox6.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A10").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A10").Value = "0"
    If CheckBox7.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A11").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A11").Value = "0"
    If CheckBox8.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A12").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A12").Value = "0"
    If CheckBox9.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A13").Value = "1"
    Else Worksheets("Ãë").Range("A13").Value = "0"
    If CheckBox10.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A14").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A14").Value = "0"
    If CheckBox11.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A15").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A15").Value = "0"
    If CheckBox12.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A16").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A16").Value = "0"
    If CheckBox13.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A17").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A17").Value = "0"
    If CheckBox14.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A18").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A18").Value = "0"
    If CheckBox15.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A19").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A19").Value = "0"
    If CheckBox16.Value = True Then Worksheets("Ãë").Range("A20").Value =
    "1" Else Worksheets("Ãë").Range("A20").Value = "0"
    MsgBox "Ôïäîâ³ ³íäâêñè íäðàíí!"
End Sub
```

```

Private Sub CommandButton4_Click()
Worksheets("Ãë").Range("C26").Value = TextBox2.Value
Worksheets("Ãë").Range("C27").Value = TextBox3.Value
Worksheets("Ãë").Range("B35").AutoFilter _
Field:=1, Criteria1:=">=" & Format(Range("C26"), "#"), Operator:=xlAnd _
, Criteria2:="<=" & Format(Range("C27"), "#")
MsgBox "×àñîâëé ÿìòäðââë îáðàí!"
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton5_Click()
Sheets("Result clusterisation").Select
Range("B2:Q17").Select
    Selection.ClearContents
    Sheets("Result").Select
    Range("B2:Q17").Select
    Selection.Copy
    Sheets("Result clusterisation").Select
    Range("B2:Q17").Select
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks
    _
    :=False, Transpose:=False
    Range("L8").Select
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton6_Click()
Worksheets("Result clusterisation").Range("R2").Value = TextBox4.Value
MsgBox "Êðëèè÷íèé ð³ââü âñòàíâëâí!"
End Sub

```

```

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

```

ДОДАТОК Б ВИТЯГ ЗІ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ЗА 2018 РІК

Таблиця Б.1 Витяг статистичних даних за 2018 рік.

Дата	Алюміній	Палладій	Платина	Срібло	Золото	Газ	Нафта WTI	Нафта Brent	Nikkei 225	EURO STOXX 600 Oil & Gas	EURO STOXX Banks	Dow 30
02.01.2018	2253,8	1071,9	949,9	17,121	1370,5	3,056	60,37	66,57	22825	315,6	130,6	24768
03.01.2018	2215,3	1077,7	956,1	17,185	1374,2	3,008	61,63	67,84	23133	319,6	131	24878
04.01.2018	2237	1093,5	966	17,189	1377,4	2,88	62,01	68,07	23410	322,1	134	25053
05.01.2018	2190,3	1087,4	974,9	17,205	1378,4	2,795	61,44	67,62	23720	323,3	134,2	25269
08.01.2018	2161,3	1095	974,3	17,064	1376,8	2,835	61,73	67,78	23968	325,1	134,5	25250
09.01.2018	2138	1094,1	968,5	16,936	1370	2,923	62,96	68,82	23860	326,4	135,7	25373
10.01.2018	2170,5	1063,3	976	17,603	1377	2,906	63,57	69,2	23800	326,5	138,2	25351
11.01.2018	2165,3	1062,2	988,5	16,894	1380,1	3,084	63,8	69,26	23650	329,1	140,1	25555
12.01.2018	2210,3	1119,9	998,7	17,069	1394,4	3,2	64,3	69,87	23640	330,1	140,1	25801
15.01.2018	2224,8	1121,6	1002,2	17,38	1341,8	3,133	64,73	70,26	23720	330	140,4	25948
16.01.2018	2186,5	1093,5	1004,3	17,122	1396,8	3,129	63,73	69,15	23950	323,8	138,5	25819
17.01.2018	2196,8	1108,8	1003,9	17,105	1399,7	3,232	63,97	69,38	23820	326,4	139,7	26098
18.01.2018	2247	1097,3	1006,5	16,893	1387,4	3,189	63,95	69,31	23770	327,1	139,4	25941
19.01.2018	2222	1098,8	1016,7	16,975	1394,3	3,185	63,37	68,61	23800	323,4	140,5	26046
22.01.2018	2249,5	1079,6	1003,2	16,931	1394	3,224	63,49	69,03	23790	328,3	142,9	26195
23.01.2018	2230,5	1072,1	1010,8	17,532	1398,2	3,444	64,47	69,96	24120	327,5	141,8	26201
24.01.2018	2251,5	1094,4	1019	17,425	1419,1	3,509	65,61	70,53	23910	326,8	141,4	26270
25.01.2018	2243,3	1086,1	1016,4	18,244	1425,9	3,447	65,51	70,42	23660	326,6	142,8	26376
26.01.2018	2259,8	1086,2	1013,4	17,382	1416	3,505	66,14	70,52	23630	325,2	144	26604
29.01.2018	2226,5	1072,5	1010,3	17,068	1403,6	3,631	65,56	69,46	23610	323	142,6	26430
30.01.2018	2208	1040,7	1001,6	17,013	1398,5	3,195	64,5	69,02	23260	318,8	140,5	26055
31.01.2018	2223,5	1012,8	1005,5	17,204	1401,7	2,995	64,73	69,05	23090	317	140,8	26136
01.02.2018	2228	1015,1	1009,6	17,118	1406,7	2,856	65,8	69,65	23440	317,3	141,2	26172
02.02.2018	2212,5	1035,5	995,9	16,676	1396,2	2,846	65,45	68,58	23320	308	137,5	25428
05.02.2018	2212,8	1023,9	994,8	16,639	1394,5	2,747	64,15	67,62	22650	305	132	23938
06.02.2018	2174,8	993,15	994	16,548	1387	2,759	63,39	66,86	21510	299	137	24800
07.02.2018	2165	982,5	985	16,206	1372,3	2,702	61,79	65,51	21610	304,6	135,6	24735
08.02.2018	2178,5	953,75	978,9	16,314	1376,4	2,697	61,15	64,81	21940	296,6	133	23970
09.02.2018	2124,3	973,4	968,2	16,116	1372,3	2,584	59,2	62,79	21360	294,9	133,4	24167
12.02.2018	2123,8	979,35	973,4	16,548	1383,1	2,552	59,29	62,59	21675	298,8	134,5	24583
13.02.2018	2133,8	982,45	978,1	16,507	1387	2,594	59,19	62,72	21170	297,7	132,5	24626
14.02.2018	2175,5	997,75	1001,6	16,858	1415,1	2,587	60,6	64,36	21180	297	133,6	24863
15.02.2018	2163,8	997,7	1004,2	16,777	1413,7	2,58	61,34	64,33	21450	298	133,2	25234
16.02.2018	2207	1027,2	1008,8	16,695	1415	2,558	61,68	64,84	21740	301	134,5	25236
19.02.2018	2214	1028,3	1008,2	16,61	1347,8	2,606	62,38	65,67	22100	301	133,8	25196
20.02.2018	2186	1019,4	1002,2	16,425	1390,1	2,616	61,9	65,25	21930	303,5	133,8	24948
21.02.2018	2199,3	1015,7	994,5	16,604	1392,3	2,659	61,68	65,42	21970	302,3	133,8	24782
22.02.2018	2181,5	1026,9	1000,1	16,579	1393,1	2,634	62,77	66,39	21660	304,2	133,6	25013
23.02.2018	2134	1034,3	998,1	16,476	1390,7	2,625	63,55	67,31	21910	306,4	134,7	25314

Продовження таблиці Б.1

26.02.2018	2131,3	1048,4	1002,2	16,542	1394,8	2,639	63,91	67,5	22220	307,6	135,1	25758
27.02.2018	2139,5	1023,4	985,3	16,346	1381,3	2,683	63,01	66,63	22380	307,8	134,7	25429
28.02.2018	2129,5	1032	984,8	16,324	1380,8	2,667	61,64	65,78	22100	305,7	133,8	25038
01.03.2018	2143,3	968,45	970	16,2	1367,6	2,698	60,99	63,83	21640	304,3	131,5	24620
02.03.2018	2144,3	980,7	967,4	16,392	1385,8	2,695	61,25	64,37	21130	297,7	132	24535
05.03.2018	2138	972,6	964,6	16,979	1382,1	2,704	62,57	65,54	20990	301	130	24864
06.03.2018	2135,5	973,4	971,3	16,715	1397,5	2,749	62,6	65,79	21450	301,1	130,8	24852
07.03.2018	2082,5	956,65	955,1	16,428	1389,5	2,777	61,15	64,34	21200	300,5	130,8	24795
08.03.2018	2090,8	962,5	953,6	16,436	1384	2,756	60,12	63,61	21380	302	131,3	24892
09.03.2018	2104,5	982,65	966,9	17,187	1386,9	2,732	62,04	65,49	21350	297,8	127,3	25335
12.03.2018	2072,5	962,15	966,1	16,471	1383,7	2,778	61,36	64,95	21720	297,8	127,1	25208
14.03.2018	2071,5	979,9	963,3	17,112	1388,6	2,731	60,96	64,89	21610	295,5	124,8	24770
15.03.2018	2064,3	976,4	955,3	16,991	1380,6	2,681	61,19	65,12	21640	294,3	125,4	24907
16.03.2018	2073,5	983,55	950,9	16,843	1375,2	2,688	62,34	66,21	21440	298,1	126,8	24879
19.03.2018	2076,5	982,7	954,7	16,255	1380,6	2,651	62,06	66,05	21270	292,1	125,4	24691
20.03.2018	2063,8	971,2	943,9	16,764	1375,1	2,675	63,4	67,42	21170	296,7	126,1	24765
21.03.2018	2069,5	981,65	959,9	16,357	1385,5	2,638	65,17	69,47	21183	300	125	24727
22.03.2018	2062	976,95	950,8	16,328	1391,1	2,617	64,3	68,91	21380	294	120,3	23963
23.03.2018	2036,8	967	949,6	17,169	1413,9	2,591	65,88	70,45	20350	292,5	118,8	23612
26.03.2018	2036,3	961,7	960	17,274	1419,9	2,618	65,55	70,12	20480	296,5	121,4	24191
27.03.2018	2027,3	966,65	952,1	16,489	1406,7	2,691	65,25	70,11	21110	293,2	119	23859
28.03.2018	2011,8	958,2	945	16,205	1387,8	2,698	64,38	69,53	21030	294,4	121,5	23860
29.03.2018	1990,8	938,65	936,6	16,223	1384,9	2,733	64,94	70,27	21210	298,6	122,6	24147
03.04.2018	1965,3	923,4	929,3	16,347	1395,4	2,697	63,51	68,12	21320	301,5	121,4	23984
06.04.2018	2026,3	892,3	920,6	16,91	1394,8	2,701	62,06	67,11	21640	309,8	121,9	23926
09.04.2018	2151	928,85	937	17,061	1398,5	2,693	63,42	68,65	21730	308,4	122,5	24012
10.04.2018	2208,3	944,5	935,9	16,566	1404,4	2,656	65,51	71,04	21860	314,7	123,5	24351
11.04.2018	2257	956,15	936,1	16,738	1418,9	2,675	66,82	72,06	21670	317,1	122,5	24167
12.04.2018	2371	954,25	932	16,443	1400,3	2,686	67,07	72,02	21660	316,9	124,1	24459
13.04.2018	2291	976,05	934,3	16,628	1406,6	2,735	67,39	72,58	21810	319,4	124,2	24336
16.04.2018	2410	997,2	933,3	16,662	1409,3	2,752	66,22	71,42	21850	316,2	125	24563
17.04.2018	2412	999,05	939	16,772	1408	2,738	66,52	71,58	21830	318	125,3	24707
18.04.2018	2548	1027,5	946,5	17,761	1412,2	2,739	68,47	73,48	22180	322,1	125,8	24733
19.04.2018	2498,5	1018,5	938	17,222	1407,5	2,66	68,29	73,78	22200	325,9	126,9	24637
20.04.2018	2485	1022,3	929,4	17,666	1396,9	2,739	68,38	74,06	22160	326,5	127,1	24433
24.04.2018	2224,5	967,05	934	17,244	1391,8	2,781	67,7	73,86	22280	330	127,6	23984
25.04.2018	2244,5	962,8	914,7	17,045	1381,6	2,786	68,05	74	22220	328,1	127,8	24078
27.04.2018	2227	958,3	916,8	16,957	1382,3	2,771	68,1	74,64	22510	334,3	127,4	24283
01.05.2018	2266,5	932,5	894,6	16,039	1365,1	2,802	67,25	73,13	22500	334,95	127,85	24071
02.05.2018	2333	956,2	896,5	16,826	1364	2,754	67,93	73,36	22470	335,6	128,3	23825
03.05.2018	2275	955,05	903,8	16,362	1371,1	2,726	68,43	73,62	22300	333,6	127	23910
04.05.2018	2374	953,65	911,6	16,975	1373,4	2,711	69,72	74,87	22468	338,2	127	24228
08.05.2018	2384,8	960,6	915,7	16,939	1372,5	2,732	69,06	74,85	22520	338,2	126,3	24307
09.05.2018	2377	967,5	914,8	16,458	1371,7	2,737	71,14	77,21	22420	346,6	127,4	24502

Продовження таблиці Б.1

11.05.2018	2278,8	982	924	16,676	1379,1	2,806	70,7	77,12	22730	347,9	127,2	24823
14.05.2018	2330	992,4	911,6	16,57	1376,6	2,842	70,96	78,23	22860	350,9	127,4	24886
15.05.2018	2343	980,1	898,4	16,724	1348,5	2,836	71,31	78,43	22820	353,4	127,4	24660
16.05.2018	2349	979,4	892,6	16,297	1350,1	2,815	71,49	79,28	22740	353,4	125,1	24740
17.05.2018	2315	974,4	891	16,935	1347,9	2,859	71,49	79,3	22840	358,5	124,2	24704
21.05.2018	2290,8	987,6	899,5	16,452	1349	2,81	72,24	79,22	23010	359,9	121,5	25002
22.05.2018	2275,3	984	908,3	16,508	1350	2,908	72,13	79,57	22960	356,5	123,5	24845
23.05.2018	2276,5	968,3	904,6	16,338	1347,4	2,914	71,84	79,8	22720	349,1	122,7	24859
24.05.2018	2292,8	966,1	910,4	17,315	1362,4	2,94	70,71	78,79	22410	344,5	120,6	24803
25.05.2018	2267,5	975,7	900,6	16,481	1361,4	2,939	67,88	76,44	22440	337,3	118	24730
29.05.2018	2278,3	971	907,6	16,305	1354,6	2,875	66,73	75,39	22300	336,6	110,5	24377
30.05.2018	2274,5	975	910,1	16,479	1357,6	2,885	68,21	77,5	22030	342,9	112,5	24669
01.06.2018	2318	996,6	903,7	16,891	1350,9	2,962	65,81	76,79	22220	348	114,2	24629
04.06.2018	2327	994,3	900,9	16,379	1349,4	2,93	64,75	75,29	22510	345,3	113,9	24796
05.06.2018	2316,8	985,7	902,5	16,491	1354,1	2,89	65,52	75,38	22520	346,6	111,8	24822
06.06.2018	2351	1015,2	906,1	16,642	1353,5	2,896	64,73	75,36	22640	345,8	113,6	25140
07.06.2018	2309,3	1009,6	901,1	17,421	1354,4	2,93	65,95	77,32	22860	351,5	112,1	25268
08.06.2018	2302	1005,7	908,2	16,694	1354,4	2,89	65,74	76,46	22620	345	111,3	25307
11.06.2018	2308	1016,5	905,6	16,905	1355,5	2,949	66,1	76,46	22790	349,1	114,5	25329
12.06.2018	2309	1015,3	900,4	16,849	1351,8	2,939	66,36	75,88	22830	345,3	114,2	25296
13.06.2018	2285,3	1007,2	902,4	17,416	1353,5	2,963	66,64	76,74	22910	342	113,9	25184
14.06.2018	2263,8	1006,6	906,2	17,226	1360,6	2,965	66,89	75,94	22700	349	114,1	25185
15.06.2018	2206	981,8	888,2	16,452	1329,3	3,022	65,06	73,44	22830	342	112,2	25092
18.06.2018	2238,3	982,9	885,7	16,845	1331,1	2,951	65,85	75,34	22620	342,4	111,2	25016
19.06.2018	2187,3	960,3	867,2	16,724	1329,2	2,9	65,07	75,08	22180	341,9	111,7	24715
20.06.2018	2182,5	957,2	870,8	16,289	1325,3	2,964	66,22	74,74	22480	338,5	112,2	24670
21.06.2018	2195	945,6	864	16,306	1321	2,975	65,54	73,05	22600	336,2	110,9	24472
22.06.2018	2193,3	946,4	878,7	16,867	1321,3	2,945	68,58	75,55	22460	345,2	111,2	24599
25.06.2018	2174	935,4	869,8	16,733	1319,2	2,923	68,08	74,73	22300	336	110,1	24279
26.06.2018	2177,8	954,7	871,4	16,652	1309,6	2,939	70,53	76,31	22320	339,3	110,1	24303
27.06.2018	2199	943,9	861	16,557	1305,7	2,996	72,76	77,62	22230	347,1	107,8	24135
28.06.2018	2181,3	930,9	853,5	16,361	1300,2	2,94	73,45	77,85	22230	344,7	109,4	24220
29.06.2018	2164	950,9	856,9	16,104	1303,9	2,924	74,15	79,44	22290	344,9	108,8	24265
04.07.2018	2118	945,7	846,4	16,13	1258,1	2,841	74,13	78,24	21700	349	110,9	24195
05.07.2018	2105	942,7	844,5	16,008	1307,6	2,837	72,94	77,39	21490	348,4	112,8	24343
06.07.2018	2111,3	947,6	847	16,384	1304,8	2,858	73,8	77,11	21800	346,2	112,7	24456
09.07.2018	2146,5	954,7	855,3	16,461	1309	2,828	73,85	78,07	22070	350,7	113,2	24774
10.07.2018	2117	937,6	846	16,587	1305,1	2,788	74,11	78,86	22190	356	112,1	24927
11.07.2018	2100,5	937	831,7	16,138	1293,3	2,829	70,38	73,4	21910	347,3	110,2	24689
12.07.2018	2092,8	948,8	844,6	16,304	1295,4	2,797	70,33	74,45	22210	348,1	110,6	24894
13.07.2018	2066,8	932,8	831,7	16,14	1289,7	2,752	71,01	75,33	22600	348,3	110,1	25004
17.07.2018	2016,5	909,2	818,5	15,931	1275,3	2,74	68,08	72,16	22720	343,1	110,1	25106
18.07.2018	2011,8	901,8	821,6	15,881	1275,7	2,721	68,76	72,9	22800	343,5	110,5	25161
19.07.2018	1986,8	866,2	809,2	15,703	1271,1	2,769	69,46	72,58	22790	343	109,9	25059

Продовження таблиці Б.1

20.07.2018	2024	888,9	828,9	15,844	1277,5	2,757	70,46	73,07	22720	343,9	109,9	25030
23.07.2018	2057,8	902,6	834	15,717	1271,4	2,721	67,89	73,06	22380	342,8	110,4	25033
24.07.2018	2072	908,6	836,6	15,978	1271,5	2,732	68,52	73,44	22510	345,2	112,4	25214
25.07.2018	2047,5	928,3	847,4	16,043	1277,4	2,775	69,3	73,93	22600	345	113,1	25403
26.07.2018	2053	933,6	829,5	15,779	1271,8	2,78	69,61	74,54	22560	346,2	113	25525
27.07.2018	2058,5	918,5	832,3	15,775	1269,3	2,822	68,69	74,29	22680	350	114	25414
30.07.2018	2080,5	922,5	831,3	15,819	1268	2,797	70,13	74,97	22520	350,2	114,5	25285
31.07.2018	2067,3	931,9	839,7	16,014	1270,1	2,782	68,76	74,25	22500	353,9	116,4	25395
01.08.2018	2036	911,9	821,5	15,911	1264,3	2,758	67,66	72,39	22780	349,8	114,9	25289
02.08.2018	2015,3	915,5	825	15,828	1256,5	2,816	68,96	73,45	22510	347,5	113,3	25305
03.08.2018	2007,3	907,9	832,5	15,742	1259,7	2,853	68,49	73,21	22510	346,8	113,8	25410
06.08.2018	2020,5	903,6	824,3	15,624	1254,1	2,86	69,01	73,75	22490	349,6	113	25468
07.08.2018	2017,3	902,9	832,6	15,655	1254,7	2,897	69,17	74,65	22630	354,1	113,6	25600
08.08.2018	2087,8	886,4	832	15,717	1257,3	2,949	66,94	72,28	22630	352	113,4	25536
09.08.2018	2062,3	898,4	833,7	15,753	1256,3	2,955	66,81	72,07	22600	350,1	112,9	25493
10.08.2018	2088	901,1	828,8	15,585	1255,1	2,944	67,63	72,81	22300	346,5	109,4	25331
13.08.2018	2082,5	880,9	799,8	15,268	1234,6	2,93	67,2	72,61	21890	346	107,1	25215
14.08.2018	2064	890	801,2	15,34	1236,4	2,959	67,04	72,46	22320	344,6	107,5	25294
15.08.2018	2015,5	837,2	765,2	14,731	1220,2	2,94	65,01	70,76	22180	335,4	105,4	25187
16.08.2018	2038	874,8	781	14,988	1219,2	2,908	65,46	71,43	22160	337,7	105,7	25592
17.08.2018	2018,3	877,8	788,1	14,903	1219,3	2,946	65,91	71,83	22260	337,5	105,2	25674
20.08.2018	2044	898,7	795,9	14,937	1229,6	2,941	66,43	72,21	22160	339,6	105,1	25758
21.08.2018	2041,5	910	795,3	15,035	1234,9	2,98	67,35	72,63	22220	343	106,7	25807
22.08.2018	2052	918,2	792,9	15,029	1238,2	2,956	67,86	74,78	22320	346,5	106,9	25717
23.08.2018	2061,8	911,2	775,6	14,818	1228,4	2,964	67,83	74,73	22410	346,8	106,3	25671
24.08.2018	2081,8	928,6	790,5	15,079	1248,2	2,917	68,72	75,82	22590	349,1	106,5	25792
28.08.2018	2119	939,4	791,8	15,243	1249,6	2,852	68,53	75,95	22800	348,1	106,3	26085
29.08.2018	2156,8	958,5	797,2	14,996	1246,5	2,895	69,51	77,14	22850	349,5	106,8	26147
30.08.2018	2118,3	963,7	791,1	14,78	1239,5	2,874	70,25	77,77	22870	349	104,9	26010
31.08.2018	2109,5	980,3	787,8	14,742	1241,1	2,916	69,8	77,42	22860	346	104,4	25988
03.09.2018	2076,3	966,5	787,6	14,52	1206,3	2,865	70,12	78,15	22710	346,9	104,6	26012
04.09.2018	2039,8	977,9	777,8	14,506	1233,6	2,823	69,87	78,17	22770	345,5	105,7	25985
05.09.2018	2044,3	971,6	785,5	14,545	1236	2,795	68,72	77,27	22560	340,3	106,4	25973
06.09.2018	2008	961	792,7	14,5	1239,1	2,772	67,77	76,5	22480	334,8	106	26025
07.09.2018	2036,3	965,8	781,9	14,345	1235,5	2,776	67,75	76,83	22380	334,9	104,3	25959
10.09.2018	2060,3	983,6	786,3	14,36	1235	2,804	67,54	77,37	22360	335,8	105,8	25905
11.09.2018	2008,5	980,9	792,5	14,486	1237,6	2,828	69,25	79,06	22650	340,7	105,6	26002
12.09.2018	2028	993,3	799,8	14,478	1246,6	2,829	70,37	79,74	22620	346	105,3	26014
13.09.2018	2029	997	804,2	14,431	1243,8	2,817	68,59	78,18	22820	344,5	106,3	26160
14.09.2018	2007	998,8	794,6	14,327	1236,6	2,767	68,99	78,09	22970	339,6	106,7	26158
17.09.2018	2012,3	1005,3	795,4	14,411	1241,2	2,814	68,91	78,05	22893	339,6	107,2	26076
18.09.2018	2012,5	1027,4	815,2	14,371	1238,3	2,933	69,85	79,03	23280	341,9	108,4	26274
19.09.2018	2003	1053,4	824,2	14,459	1244,1	2,908	71,12	79,4	23520	343,1	110,2	26434
20.09.2018	2023,5	1066,8	835	14,484	1247	2,976	70,8	78,7	23460	344,5	111,6	26696

Продовження таблиці Б.1

21.09.2018	2074,5	1043,1	828,7	14,69	1236,9	2,977	70,78	78,8	23750	346	111,5	26772
24.09.2018	2041,5	1051,4	831,6	14,671	1240	3,038	72,08	81,2	23713	351,3	110,2	26610
25.09.2018	2054	1073,3	827,8	14,677	1240,8	3,082	72,28	81,87	23740	358,2	111	26520
26.09.2018	2053,8	1058,8	827,6	14,738	1234,4	3,021	71,57	81,34	24000	357,5	110,2	26419
27.09.2018	2020	1073,5	813,2	14,626	1222,4	3,056	72,12	81,72	23830	359,2	109,5	26473
28.09.2018	2056	1064,6	818,5	14,898	1231,3	3,008	73,25	82,72	24120	357,7	105,7	26476
01.10.2018	2079	1048,4	826,9	14,694	1227	3,094	75,3	84,98	24310	360,7	104,6	26678
02.10.2018	2109,5	1047	836,1	15,041	1242,7	3,166	75,23	84,8	24280	360,5	104	26807
03.10.2018	2205	1048,9	827,8	15,022	1238,7	3,23	76,41	86,29	24140	361,3	106	26872
04.10.2018	2171,5	1048	827,4	14,784	1237,5	3,165	74,33	84,58	23920	360	105,5	26652
05.10.2018	2132	1063,5	825,3	15,018	1242,2	3,143	74,34	84,16	23820	353,4	104,6	26492
08.10.2018	2067,5	1069	825,3	14,691	1224,9	3,267	74,29	83,91	23553	348,7	103,8	26544
09.10.2018	2053	1064,8	829,3	14,766	1227,8	3,266	74,96	85	23470	356,7	103,6	26481
10.10.2018	2044	1060,7	824,5	14,692	1229,4	3,284	73,17	83,09	23530	352,1	102,6	25519
11.10.2018	2014,5	1071	841,9	14,977	1264	3,222	70,97	80,26	22580	339,1	101,2	25185
12.10.2018	2034,5	1060,8	841,8	14,996	1258,1	3,161	71,34	80,43	22650	340,3	102,1	25316
15.10.2018	2031	1077,6	846,8	14,928	1266,9	3,242	71,78	80,78	22190	342,9	101,7	25201
16.10.2018	2039	1072,8	845,2	15,062	1267,3	3,239	71,92	81,41	22420	345,2	102,9	25782
17.10.2018	2030,8	1064,9	835,1	14,862	1263,4	3,32	69,75	80,05	22890	342,5	102,3	25736
18.10.2018	2023,3	1062,5	831,5	14,8	1266,6	3,198	68,65	79,29	22590	339,4	98,9	25381
19.10.2018	2010,5	1072	833,9	14,845	1265,3	3,25	69,12	79,78	22530	340,3	100,3	25428
22.10.2018	2010	1108,5	824	14,783	1261,3	3,138	69,17	79,83	22630	335	98,2	25294
23.10.2018	1997	1126,1	835,1	14,996	1273,5	3,212	66,43	76,44	21920	326,6	97,8	25244
24.10.2018	1992	1111,5	834,6	14,876	1267,6	3,166	66,82	76,17	22030	326,8	94,1	24616
25.10.2018	1985,8	1087,1	829,6	14,831	1269	3,202	67,33	76,89	21270	327,1	95,8	24877
26.10.2018	1994,3	1091,6	836	15,067	1272,3	3,185	67,59	77,62	21230	324,7	95,6	24746
29.10.2018	1975,8	1076,7	836,6	14,644	1263,7	3,185	67,04	77,34	21100	326,8	96	24431
30.10.2018	1959,5	1063,1	838,4	14,829	1261,5	3,187	66,18	75,91	21480	326,8	97,1	24859
31.10.2018	1947	1066	841,8	14,651	1250,8	3,261	65,31	75,47	21880	336,9	96,2	25077
01.11.2018	1958,3	1080,1	867,8	14,981	1274,8	3,237	63,69	72,89	21540	328,6	98,8	25325
02.11.2018	1968,5	1102,7	872,1	14,964	1269,9	3,284	63,14	72,83	22230	326,5	99,9	25241
05.11.2018	1964	1119	867,5	14,858	1269	3,567	63,1	73,17	21870	332	98,8	25441
06.11.2018	1942	1101,2	873,2	14,71	1263	3,555	62,21	72,13	22200	331	100,5	25641
07.11.2018	1977,8	1118	877	14,958	1265,4	3,555	61,67	72,07	22120	335,8	101,1	26182
08.11.2018	1984,5	1110,7	867,2	14,815	1262	3,543	60,67	70,65	22500	334	99,4	26200
09.11.2018	1950,5	1099,5	855,6	14,535	1245	3,719	60,19	70,18	22270	330,2	99,6	25973
12.11.2018	1934	1083,9	845	14,41	1239,6	3,788	59,93	70,12	22250	329,8	97,3	25381
13.11.2018	1926	1096,7	843,7	14,377	1237,5	4,101	55,69	65,47	21760	320,2	98,3	25330
14.11.2018	1929,5	1110,5	838,3	14,48	1246,2	4,837	56,25	66,12	21820	321,5	98,5	25044
15.11.2018	1908,5	1137,6	844,3	14,663	1251,7	4,038	56,46	66,62	21820	325,8	98,3	25305
16.11.2018	1937	1158,9	848	14,783	1259	4,272	56,46	66,76	21650	324,1	97,3	25451
19.11.2018	1932,5	1146,2	855,7	14,801	1261,6	4,7	56,76	66,79	21840	321,5	96,7	25029
20.11.2018	1944,3	1125	844,3	14,66	1257,5	4,523	53,43	62,53	21540	314,9	94,4	24437
21.11.2018	1958,3	1129,3	849,1	14,901	1264,7	4,451	54,63	63,48	21520	322,2	95,5	24465

Продовження таблиці Б.1

22.11.2018	1950,3	1136,5	850	14,47	1228	4,268	54,02	62,6	21700	318,7	95,1	24399
23.11.2018	1951,3	1101,9	843,1	14,644	1260	4,308	50,42	58,8	21483	309,4	95,2	24260
26.11.2018	1952,5	1126	846,5	14,622	1259,7	4,248	51,63	60,48	21830	316,2	98,4	24599
27.11.2018	1932	1126,5	836,5	14,493	1250,4	4,262	51,56	60,21	22000	316,3	97,7	24742
28.11.2018	1936,8	1156,1	827,8	14,726	1260,2	4,715	50,29	58,76	22230	317,5	99,1	25344
29.11.2018	1946,8	1157,7	822,2	14,672	1260,8	4,646	51,45	59,51	22240	318,5	97,6	25391
30.11.2018	1966,8	1147,2	801	14,488	1256,5	4,612	50,93	58,71	22350	319	97,4	25539
03.12.2018	1981,8	1162,4	808,5	14,773	1270,2	4,339	52,95	61,69	22640	325,4	98,8	25846
04.12.2018	1981,3	1181	804,55	14,911	1277,4	4,457	53,25	62,08	22070	320,8	94,5	25046
05.12.2018	1977,3	1183,5	802,05	14,673	1273,4	4,469	52,89	61,56	21880	319,4	95,2	25046
06.12.2018	1943	1156,9	789,8	14,777	1274,3	4,327	51,49	60,06	21450	308,7	93,2	24907
07.12.2018	1956,5	1171,4	794,3	14,96	1283,6	4,488	52,61	61,67	21620	314,7	91,3	24432
10.12.2018	1933,8	1164,9	783,75	14,87	1280	4,545	51	59,97	21140	306,6	90,1	24490
11.12.2018	1931,5	1176	787,35	14,89	1278,1	4,407	51,65	60,2	21130	309	88,9	24422
12.12.2018	1925,3	1192,3	804,65	15,111	1281	4,136	51,15	60,15	21660	313,8	92,6	24566
13.12.2018	1915	1191,8	796,8	15,112	1278,4	4,124	52,58	61,45	21850	315,1	92,3	24571
14.12.2018	1901,3	1169,7	787,35	14,891	1272,2	3,827	51,2	60,28	21300	312,1	91,2	24113
17.12.2018	1918,3	1188	793,1	15,015	1282,6	3,528	49,88	59,61	21450	306	89,3	23672
18.12.2018	1899,8	1176	792,9	14,959	1284	3,838	46,24	56,26	21070	301,7	89,8	23602
19.12.2018	1902,5	1195	787,7	15,077	1286,8	3,726	47,2	57,24	20920	298,5	89	23316
20.12.2018	1888,3	1188,5	796,4	15,129	1298,6	3,583	45,88	54,35	20210	293,9	86,7	23002
21.12.2018	1885,8	1158,9	789,05	14,962	1288,6	3,816	45,59	53,82	20050	296,5	84,9	22785
24.12.2018	1869,8	1172,8	788,4	15,076	1302,4	3,467	42,53	50,47	19332	294,6	85,3	21700
27.12.2018	1827,5	1196	795,5	15,569	1311,9	3,642	44,61	52,16	20020	292,7	85,7	23153
31.12.2018	1822,8	1197,5	801,4	15,797	1312,5	2,94	45,41	53,8	19823	298,2	86,3	23268